ISSN 1405-0471

Madera y Bosques

INSTITUTO DE ECOLOGIA, A.C.

INVIERNO 2008 14(3)

Xalapa, Ver.

MADERA y BOSQUES
Vol. 14 Núm. 3 **Invierno de 2008**

Madera y Bosques, es una publicación del Instituto de Ecología, A.C., que edita la Unidad de Recursos Forestales. Los trabajos que publica tratan los temas de tecnología de productos forestales y del campo forestal en general, con énfasis en ecología forestal y manejo forestal. Se aceptan trabajos en español, inglés y ocasionalmente en otros idiomas. Su objetivo principal es constituirse en un medio de difusión de la investigación científica. Asimismo, publica contribuciones técnicas y estados del arte que incidan en el medio nacional e internacional. Es una publicación semestral que aparece en primavera y en otoño. Ocasionalmente se ofrecerá un número especial..

COMITÉ EDITORIAL

Editor, Raymundo Dávalos Sotelo
Editora asociada, Laura C. Ruelas Monjardín

Dr. Patrick J. Pellicane
Dr. Martín A. Mendoza Briseño
Dr. Ariel Lugo
M.C. Freddy Rojas Rodríguez
Dr. Alejandro Velázquez Martínez
Dr. Juan José Jiménez Zacarías

Producción Editorial:
Biól. Aída Pozos Villanueva
María Celia Lozano Reyes

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Óscar Aguirre Calderón - Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

M. I. Miguel Cerón Cardeña - Universidad Autónoma de Yucatán. México.

M.C. Mario Fuentes Salinas - Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Dr. Rubén F. González Laredo - Instituto Tecnológico de Durango. México.

Dr. Raymond P. Guries - University of Wisconsin. EUA.

Dr. Lázaro R. Sánchez Velázquez - Universidad Veracruzana, México.

Dr. Amador Honorato Salazar - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

Dr. Ezequiel Montes Ruelas - Universidad de Guadalajara. México.

Dr. José Návar Cháidez - Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera - Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa. México.

Dr. Hugo Ramírez Maldonado - Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Dra. María de los Ángeles Rechy de Von Roth - Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Madera y Bosques, Vol. 14 Núm. 3 de 2008. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2005-062018152600-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 12906. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10479. Domicilio de publicación: Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec No. 351. Congregación El Haya. 91070 Xalapa, Ver., México. Imprenta: Editorial Cromocolor S.A. de C.V., Miravalles 703. Col. Portales 03300 México, D.F.
La suscripción anual para 2008 es de $250.00 al interior de la República y $35.00 USD al extranjero. Precio por ejemplares sueltos $160.00 y $15.00 USD, respectivamente. Incluye costos de envío por correo aéreo. Toda correspondencia sobre suscripción y donación debe dirigirse al Departamento de Adquisiciones · Instituto de Ecología, A.C. · Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec No. 351. Congregación El Haya. 91070 Xalapa, Ver., México. · Tel. (228) 842 1800 ext. 5120 · Fax (228) 818 7809 Correo electrónico: publicaciones@ecologia.edu.mx. Página electrónica de la revista: http://www.inecol.edu.mx/myb/. La reproducción total o parcial de los artículos podrá hacerse con el permiso expreso de los editores. Esta revista forma parte del Índice de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología (IRMCyT) del CONACYT – México. Además, se encuentra indizada en Redalyc, Periódica, Índice Iberoamericano de Información en Ciencia y Tecnología, Actualidad Iberoamericana, CAB Forest Products Abstracts, Latindex, Seriunam y British Library.

MADERA Y BOSQUES

Vol.14 Núm. 3 Invierno de 2008

CONTENIDO

Editorial _____ ***3***

Artículos de investigación

Fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón: diagnóstico y prioridades
Xanat Antonio-Némiga, Eduardo Javier Treviño-Garza y Enrique Jurado-Ybarra _____ ***5***

Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental
José Ciro Hernández-Díaz, José Javier Corral-Rivas, Andrés Quiñones-Chávez, Jeffrey R. Bacon-Sobbe y Benedicto Vargas-Larreta _____ ***25***

Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México
Carmen de la Paz Pérez-Olvera y Raymundo Dávalos-Sotelo _____ ***43***

Composicion química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México
Guadalupe M. Bárcenas-Pazos, Rosalva Ríos-Villa, J. Rogelio Aguirre-Rivera, Bertha I. Juárez-Flores y J. Amador Honorato-Salazar _____ ***81***

Ensayo

Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo sustentable
Estrella del Carmen Tapia-Tapia y Ricardo Reyes-Chilpa _____ ***95***

Guía de autores

Nuestra portada: Composición fotográfica sobre un paisaje de un bosque de encinos. Realizada por Carmen de la Paz y Jesús Rivera-Tapia, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D. F.

TABLE OF CONTENTS

Editorial _____ ***3***

Research papers

Forest fragmentation in the subwatershed of the el Pilon River: diagnostic and priorities
Xanat Antonio-Némiga, Eduardo Javier Treviño-Garza and Enrique Jurado-Ybarra _____ ***5***

Regular and irregular forest management evaluation of the Sierra Madre Occidental forests
José Ciro Hernández-Díaz, José Javier Corral-Rivas, Andrés Quiñones-Chávez, Jeffrey R. Bacon-Sobbe and Benedicto Vargas-Larreta _____ ***25***

Some anatomical and technological characteristics of 24 *Quercus* wood species (oaks) of Mexico
Carmen de la Paz Pérez-Olvera and Raymundo Dávalos-Sotelo _____ ***43***

Chemical composition and relative basic density of two shrub white oak wood species from Sierra de Alvarez, SLP, Mexico
Guadalupe M. Bárcenas-Pazos, Rosalva Ríos-Villa, J. Rogelio Aguirre-Rivera, Bertha I. Juárez-Flores and J. Amador Honorato-Salazar _____ ***81***

Essay

Mexican non-wood forest products: economic aspects for the sustainable development
Estrella del Carmen Tapia-Tapia y Ricardo Reyes-Chilpa _____ ***95***

Authors`guide

Our cover: Photographic composition about an oak landscape. Drawing of Carmen de la Paz y Jesús Rivera-Tapia, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D. F.

La difusión de los resultados científicos necesariamente pasa por análisis bibliométricos que apuntan a evaluar y resaltar la influencia, tanto de los medios que los publican, como de los artículos mismos. Este tema no deja de estar exento de controversias acerca de si los métodos empleados para medir esta influencia son los más adecuados y si realmente reflejan la importancia de los trabajos, sobre todo en países fuera de la órbita del mundo desarrollado. Debido a esta controversia, pero indudablemente alimentados por la genuina necesidad de valorar el impacto del trabajo científico, se han generado varios índices bibliométricos que cuantifican el número de citas que reciben los trabajos, como una medida de su difusión a escala mundial y de la utilización que se hace de la información contenida en los manuscritos, que con tanto trabajo elaboran los científicos. El índice internacional más reconocido y prestigiado en el mundo, a pesar de las críticas que se le han hecho por su supuesto sesgo hacia la investigación hecha en países del llamado primer mundo, es el índice ISI de la empresa Thompson Reuters, conocido como Science Citation Index (Web of Science). La pertenencia a este índice significa para las revistas que lo integran, una gran visibilidad y prestigio y, para los investigadores que publican en ellas, un mérito reconocido por sus pares y por las entidades que evalúan el trabajo de los científicos y de las instituciones para las que laboran.

La revista Madera y Bosques se enorgullece de formar parte de este índice a partir del verano de 2008, lo que indica que los trabajos que ahí se publican, son reconocidos por sus pares a nivel mundial como por su trascendencia dentro del tema forestal, al citarlos en múltiples ocasiones. Es indudable que asiste cierto mérito a los responsables de la edición de la revista, por su trabajo en convocar a los autores y en seleccionar los trabajos más destacados entre los que se reciben. Sin embargo, el mérito real corresponde fundamentalmente a los autores que se afanan en redactar manuscritos con información relevante y de calidad, que sirven para avanzar las fronteras de la ciencia y contribuyen a responder con claridad y certeza, algunas de las preguntas más importantes que busca resolver la ciencia de los recursos forestales. No deja de ser importante la desinteresada labor de los árbitros que revisan a fondo los manuscritos y hacen, anónima y desinteresadamente, la gran labor de evaluarlos y señalar sus posibles deficiencias y la forma en que se pueden reforzar los datos presentados para que tengan la mayor claridad y relevancia posibles. Como un merecido reconocimiento a estos anónimos personajes, en este número publicamos la lista de quienes han contribuido a hacer de los números publicados en 2007 y 2008, el escaparate más importante de la ciencia forestal que se publica en español en América Latina y ocasionalmente, de otras regiones y en otros idiomas.

Los trabajos que se publican en este número comprenden varios temas de importancia y de interés para los lectores de la revista. Uno de ellos estudia los fragmentos de bosque en la cuenca de un río que corre por el estado de Nuevo León, uno de los estados de mayor importancia por su desarrollo económico en México. Pareciera que este tema es de interés exclusivamente local, lo cual sin duda es cierto, pero su relevancia trasciende las fronteras de su región geográfica, por tratarse de la fragmentación de bosques, un tema que está recibiendo mucha atención en la actualidad, por la necesidad de proteger y conservar estas áreas, en ecosistemas fuertemente amenazados por las necesidades del desarrollo industrial, agrícola y urbano, del que el estado citado es un ejemplo de interés nacional e internacional. Otro de los trabajos publicados en este número evalúa la

recuperación del volumen de Pinus en pie después de una corta, en bosques tratados con los sistemas de manejo regular e irregular, en otra eco-región del Norte de México, la Sierra Madre Occidental. En el estudio se evalúan los resultados del manejo con dos métodos ampliamente usados en este país, encontrando discrepancias significativas entre lo que postulan ambos métodos y los resultados reales, medidos en existencias por hectárea. Los autores apuntan las causas de estas diferencias, lo que debe ayudar a los manejadores a corregir sus prácticas. El número también incluye dos artículos dedicados a los encinos que son considerados como el segundo recurso forestal maderable más importante de México después del género Pinus. El primero de ellos resume los resultados de un amplio estudio sobre las características anatómicas, físicas y mecánicas de 24 especies de este importante género forestal, que cubre la mayor parte de su área de distribución en México. El otro artículo dedicado a los encinos presenta los resultados del análisis químico que permitió evaluar los contenidos relativos de celulosa, lignina, extractos y cenizas, así como la densidad básica relativa de dos especies arbustivas del estado de San Luis Potosí, México. Sin duda, ambos trabajos contribuirán en gran medida a ampliar el conocimiento que se tiene de estos útiles y valiosos árboles y arbustos.

Finalmente, se incluye un ensayo que resalta el interés e importancia de los Productos Forestales No Maderables (PFNM), los cuales compiten con otros productos forestales por el uso de la tierra. Los PFNM incluyen una gran variedad de productos importantes en la vida diaria de las comunidades locales, así como ayudan a generar ingresos adicionales y empleo. Algunos se encuentran entre los productos básicos más antiguos, mientras que otros están entre los productos más novedosos y potencialmente comerciales, como los fitofármacos. El trabajo aquí incluido tiene como objetivos evaluar la situación de los PFNM en México y contribuir a generar propuestas que incentiven su aprovechamiento sustentable. Los autores concluyen que su aprovechamiento ecológicamente sustentable y económicamente rentable requiere de estudios ecológicos, sociales y económicos actualizados, así como un marco legal eficaz.

Como editores de la revista, nos congratulamos por publicar artículos tan valiosos e interesantes, que al igual que los anteriormente publicados, han propiciado el reconocimiento internacional que ha obtenido la misma, y humildemente hacemos hincapié en que, sin buenos trabajos elaborados por los autores y sin la sabia revisión de los árbitros, ninguna tarea editorial sería coronada por el éxito. Nos complace ser parte del mismo y seguiremos sumando nuestro esfuerzo al de los autores, quienes son los verdaderos protagonistas de esta historia.

Raymundo Dávalos-Sotelo
Editor

ARTICULO DE INVESTIGACION

Fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón: diagnóstico y prioridades

Forest fragmentation in the subwatershed of the Pilon River: diagnostic and priorities

Xanat Antonio-Némiga[1], Eduardo Javier Treviño-Garza[2] y Enrique Jurado-Ybarra[2]

RESUMEN

La subcuenca del río Pilón es importante por la captación de agua para la agricultura comercial y por la conservación de la riqueza biológica del estado de Nuevo León. Sin embargo, se desconoce la magnitud de la fragmentación de sus bosques y matorrales, y no se han identificado los fragmentos remanentes prioritarios para conservar. Por lo tanto, este estudio evalúa la fragmentación de sus comunidades vegetales usando el tamaño del fragmento y la relación entre el perímetro y el área del fragmento (P/A) como indicadores de tamaño y forma, así como la distancia al vecino más próximo y el índice de intersección y yuxtaposición como indicadores de conectividad. Estos se calcularon en mapas generados mediante interpretación de imágenes de satélite Landsat de 1974 y 2000 (clasificación supervisada y estratificada). Los resultados muestran cambios estadísticamente significativos en el tamaño y forma de los fragmentos de todas las comunidades evaluadas, así como en su conectividad. Las comunidades más afectadas por la fragmentación en su forma y tamaño son el bosque de oyamel y de encino, así como el huizachal, el matorral submontano y el bosque de pino. En su conectividad, la fragmentación afecta sobre todo a los matorrales tipo tamaulipeco, submontano y desértico, así como los huizachales. En este estudio se evalúan los fragmentos prioritarios a conservar, considerando sus funciones como zonas de amortiguamiento y de estabilización de laderas, mediante la aplicación de criterios en un sistema de información geográfica. Al respecto se recomienda conservar 347 fragmentos para amortiguamiento y 210 fragmentos para estabilización de laderas.

PALABRAS CLAVE:
Conservación de recursos naturales, fragmentación forestal, Nuevo León, SIG, río Pilón.

ABSTRACT

The watershed of the Pilón River is important for its water capture for commercial agriculture and for the conservation of the biological diversity of Nuevo Leon state. However, the magnitude of the forest and shrub fragmentation has not been determined, and the remaining fragments of higher conservation priority have not been identified. This study evaluates the vegetation fragmentation, using the fragment size and the relation between the perimeter and the fragment area (P/A) as indicators of size and shape, as well as the distance to the nearest neighbor and the intersection index and juxtaposition as connectivity indicators. These indicators were calculated in maps generated through satellite images Landsat of 1974 and 2000 interpretation (classification supervised and stratified). The results show statistically significant changes in the size and shape of fragments as well as in connectivity for all plant communities evaluated. The communities more affected by fragmentation in their size and shape were Abies and Oak forests, as well as the huizachal (Acacia scrub), piedmont scrub and

1 Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Geografia. Cerro de Coatepec s/n. Ciudad Universitaria. Toluca, México. CP 50110. Correo electrónico: xanat@uaemex.mx

2 Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Km. 2.5 Carr. Nacional a Cd. Victoria. Linares, Nuevo León. AP 32. Teléfono: (821) 212 42 51 ext. 111. Correo electrónico: ejtrevin@fcf.uanl.mx, enrique_jurado@hotmail.com

pine forest. In its connectivity, fragmentation was more severe for Tamaulipan thorn scrub, piedmont scrub and desert scrub as well as huizachales. The fragments with higher priority conservation were determined considering their functions as buffer zones and as vegetation for slope stabilization, through the criteria application in a geographical information system. The conservation of 347 fragments for buffer zone and 210 fragments for slopes stabilization is recommended.

KEY WORDS:
Natural resources conservation, forest fragmentation, Nuevo León, GIS, Pilón river,

INTRODUCCIÓN

La fragmentación es la división y reducción de grandes extensiones de bosque continuo que se convierten en mosaicos (Ford *et al.*, 2001 y Thompson *et al.*, 1995). Es una de las peores amenazas contra la diversidad biológica y la mayor causa de extinción de especies (Fahrig, 2001), ya que afecta la estructura, composición y diversidad de las comunidades vegetales, así como su futuro, al obstaculizar tanto la transferencia de polen como la generación, dispersión y consumo de semillas, favoreciendo además la endogamia y la erosión genética (Arango, 2002; Fernández-Manjárrez, 2002; Flores, 2000; Cuéllar, 1999; Summer *et al.*, 1999 y Guariguata y Pinarde, 1998).

El fenómeno más estudiado es el efecto de borde, un abrupto contraste entre el bosque y el paisaje circundante que modifica las condiciones físicas (iluminación, nutrientes, temperatura, velocidad del viento y humedad), así como las condiciones bióticas y las interacciones planta-animal (Arango, 2002; Thompson *et al.*, 1995 y Saunders *et al.*, 1990). Esto altera el área basal de árboles y arbustos, cambia la estructura y composición de especies y favorece el crecimiento acelerado de especies pioneras, además de dañar y matar árboles retrasando el recambio de plantas viejas por nuevas (Arango, 2002; Sizer y Tanner, 1999; Carvalho y Vasconcelos, 1999; Laurance *et al.*, 1998 y López *et al.*, 1995). Este efecto se extiende por lo menos diez metros en selvas amazónicas, pudiendo extenderse hasta 200 metros (Sizer y Tanner, 1999; Mesquita *et al.*, 1999; Carvalho y Vasconcelos, 1999; Laurance *et al.*, 1998a y Malcom, 1994). Además, al reducir la diversidad vegetal, la densidad del follaje, la biomasa y las fuentes de frutas frescas, la fragmentación reduce la producción primaria de los ecosistemas (Loreau *et al.*, 2001; Tabarelli *et al.*, 1999; Thorburn, 1998; Laurance *et al.*, 1998 y Malcom, 1994). Todo ello finalmente daña a la fauna debido a que se reducen sus posibilidades de alimentación, crecimiento y reproducción, al tiempo que se limita su dispersión y variación genética e incrementa el riesgo de ser cazado (D'Eon, 2003; Estrada y Coates-Estrada, 2002; Katnik, 2002 y Pérez, 2002). Por ejemplo, se ha probado que la fragmentación reduce la riqueza y diversidad y altera la composición en poblaciones de mariposas nocturnas, coleópteros, hormigas, arañas, murciélagos, mamíferos y aves (Summerville, 2002; Evelyn, 2002; Ortega-Huerta, 2002; Ford *et al.*, 2001; Price *et al.*, 1999; Cuéllar, 1999; Carvalho y Vasconcelos, 1999 y Miyashita *et al.*, 1998).

El efecto combinado de estos procesos es la pérdida de estabilidad de los ecosistemas, esto se debe a que tanto las acciones vitales (descomposición de materia orgánica, transporte de semillas, control de plagas, fertilización y creación de suelo), como las delicadas interacciones interespecíficas (mutualismo, cadenas tróficas, competencia y en especial la polinización, la predación y la herbivoría) que hacen funcionar estos ecosis-

temas se ven interrumpidos por la fragmentación (Summerville, 2002; Evelyn, 2002; Kammesheidt, Köhler y Huth, 2002; Harrison, Rice y Maron, 2001; Carvalho y Vasconcelos, 1999; Law y Lean, 1999; Cosson *et al.*, 1999 y Miyashita *et al.*, 1998). Ello reduce la capacidad de generar diferentes respuestas, amenazando su estabilidad funcional y la de sus ciclos biogeoquímicos (Loreau *et al.*, 2001; McCann, 2000 y Erhlich, 1990).

Debido a la seriedad y magnitud de los efectos de la fragmentación es importante cuantificarla y revertirla. Los indicadores para cuantificar la magnitud de la fragmentación del paisaje se basan en dos teorías biogeográficas: la de islas (que considera un entorno neutral) y la del mosaico (que considera ensamblajes heterogéneos) (McGarigal y Marks, 1994). Sin embargo, debido a que no todas las medidas son igualmente útiles, Pfister (2003) sugiere que tres medidas son suficientes: el área promedio del fragmento, el promedio de la relación entre el perímetro y el área del fragmento, y el porcentaje de zonas adyacentes al bosque que son similares. Mas y Correa (1999) coinciden en que el tamaño de fragmento y el índice de proximidad, considerando las características del entorno, describen mejor el proceso.

A escala global, los bosques son en realidad fragmentos y bordes (Riitters *et al.*, 2000). Latinoamérica ha perdido la tercera parte de superficie boscosa en el periodo 1850-1985 (Houghton *et al.*, 1991). En México, el porcentaje de especies en peligro de extinción es mayor en la flora que en cualquier otro grupo biológico ya que cerca del 40% del total de especies vegetales se encuentra bajo peligro de extinción (INEGI-INE, 2000).

La subcuenca del río Pilón es importante, ya que el agua captada en su superficie determina directamente la producción de cítiricos y nuez, los que representan una fuente importante de ingresos en la agricultura del estado de Nuevo León. Sin embargo, en la Sierra Madre Oriental, una de sus dos regiones fisiográficas, se ha detectado la presencia de endemismos y fenómenos evolutivos sobresalientes (Cantú *et al.*, 1999), consecuentemente resulta importante estudiar la magnitud de la fragmentación en sus bosques y matorrales e identificar aquellos fragmentos remanentes que deben conservarse.

OBJETIVOS

Determinar cuáles comunidades vegetales de la subcuenca del río Pilón han sido más afectadas por el proceso de fragmentación forestal ocurrido durante el periodo 1974-2000, e identificar aquellos fragmentos de vegetación remanente cuya conservación es prioritaria, en virtud de sus funciones de amortiguamiento en los cuerpos de agua y de estabilización de laderas.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El río Pilón es afluente del río San Juan, cuya cuenca es la más importante de Nuevo León, al ocupar 32,91% de la superficie estatal (INEGI, 1999). La subcuenca del río Pilón tiene como coordenadas geográficas extremas los 24° 50' y 25° 29' de latitud norte y 99° 30' y 100° 35' de longitud oeste (Sánchez, 1987). Este río se origina en el municipio de Arteaga en Coahuila y capta las aguas de 581 km^2 del municipio de Rayones, 603 km^2 de Galeana, 440 km^2 de Montemorelos y 605 km^2 de General Terán, en Nuevo León (Figura 1). En General Terán la subcuenca se integra al caudal del río San Juan que desemboca en el río Bravo (Olvera, 1999 y Sánchez, 1987).

Dos provincias fisiográficas dominan la subcuenca del río Pilón: la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte. La Sierra Madre Oriental está dominada por matorrales subinermes y matorrales crasi-rosulifolios espinosos, siendo posible encontrar chaparrales y pastizales en las laderas de la sierra. Mientras que en las partes altas dominan los bosques de pino y de pino-encino y los chaparrales de alta montaña en las alturas máximas (CETENAL, 1975).

En las altitudes de 900 a 950 m hay zonas de agricultura de riego y, ocasionalmente, manchones de vegetación de galería. Entre las cotas altitudinales de 1 000 y 1 600 m se encuentra matorral subinerme y rosetófilo, mientras que entre los 1 200 y los 1 800 m existe matorral crasirosifolio con manchones de pastizal natural. A partir de los 1 400 m hay chaparrales que se extienden hasta los 2 400 m. Los bosques de encino se localizan entre los 1 300 y los 1 800 m, los mixtos, de pino-encino, desde los 2 200 hasta 2 400 m, mientras que los bosques de pino y oyamel entre los 1 700 y 2 700 m. La figura 2 muestra un perfil de los suelos y la vegetación en la Sierra Madre Oriental.

La vegetación en la llanura costera del Golfo Norte está dominada por agricultura de riego en las partes más bajas (inferiores a 400 m), y en menor proporción por la agricultura de temporal. El tipo de matorral más común es el matorral submontano subinerme. Desde altitudes de 700 m se pueden encontrar bosques mixtos de encino con matorral subinerme y bosques de encino-pino. La figura 3 muestra un perfil del suelo y vegetación en la llanura costera del Golfo Norte. La agricultura domina gran parte de la superficie.

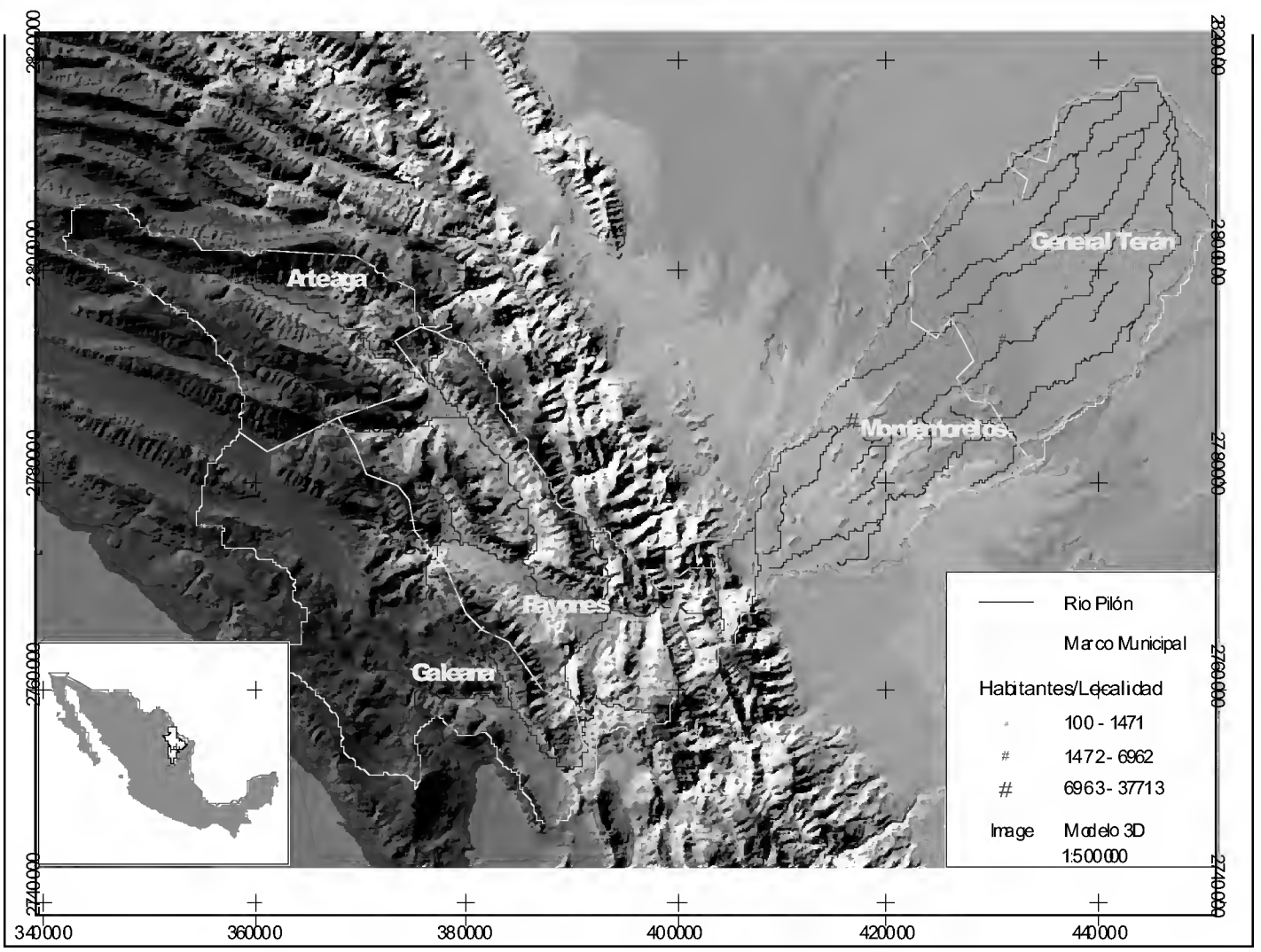


Figura 1. Ubicación de la subcuenca del río Pilón en el estado de Nuevo León

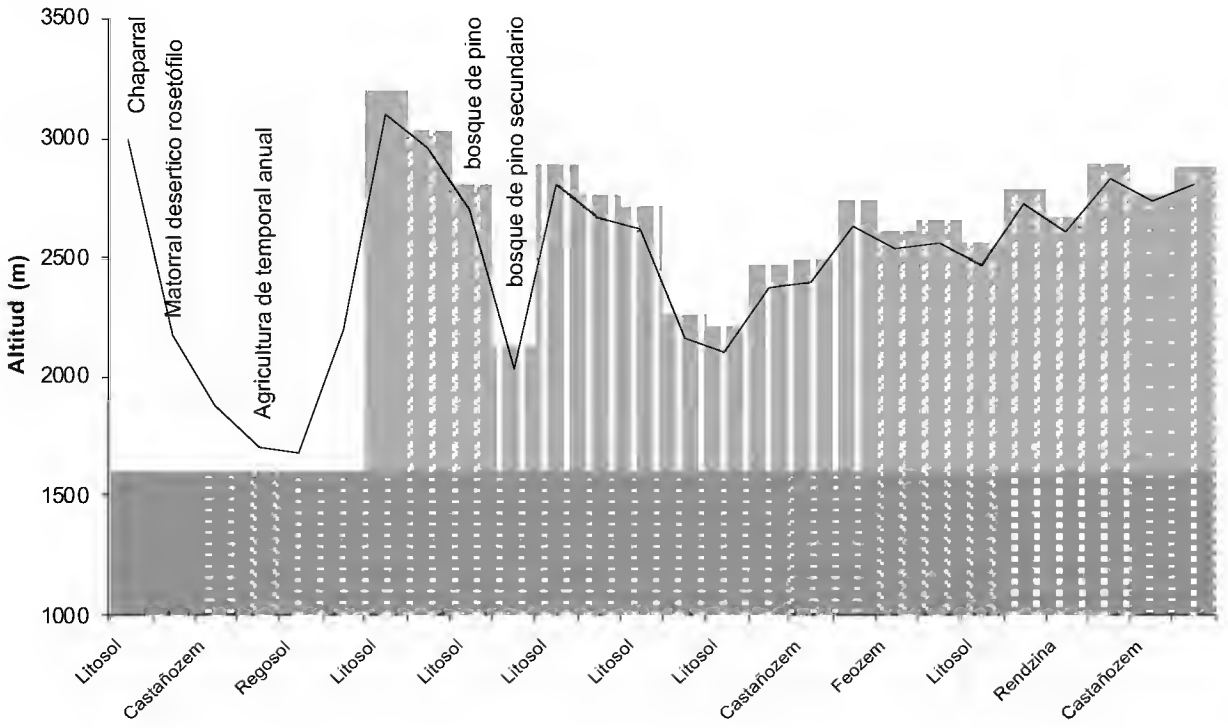


Figura 2. Perfil de los suelos y la vegetación en la Sierra Madre Oriental

FUENTE: Modificado de SEMARNAT (2000) y CETENAL (1977)

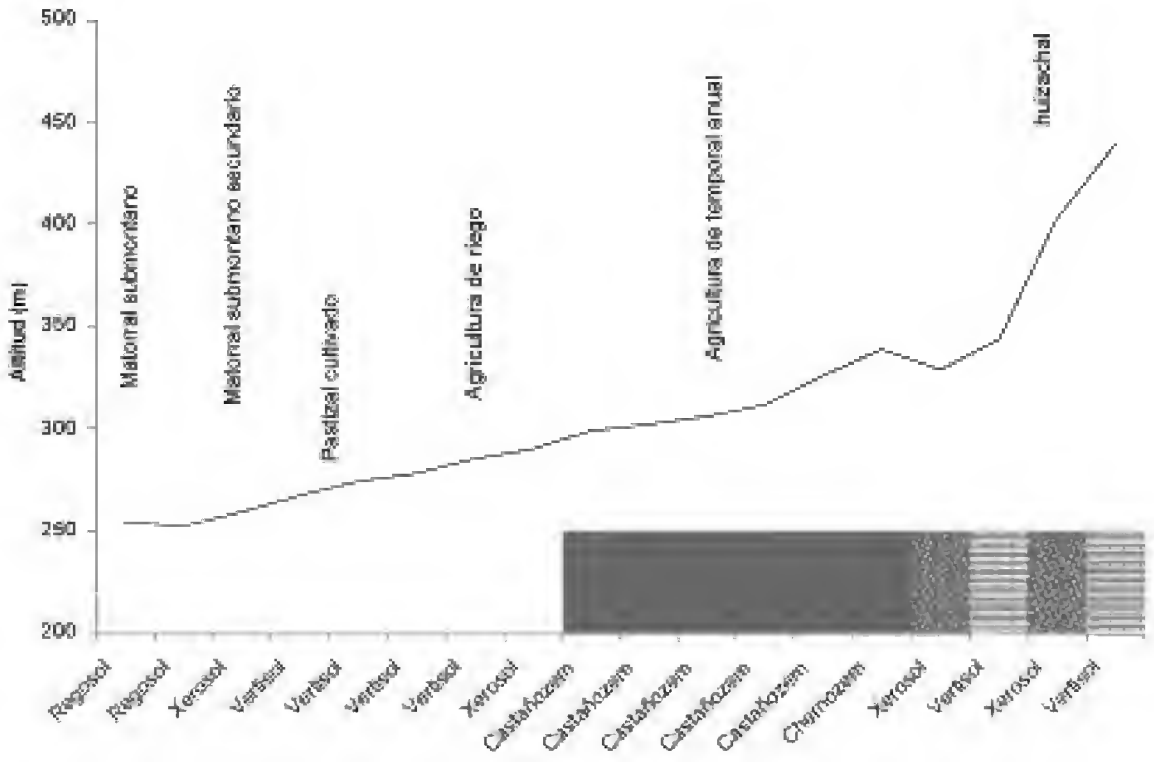


Figura 3. Perfil de los suelos y la vegetación en la Llanura Costera del Golfo Norte

FUENTE: Modificado de SEMARNAT (2000) y CETENAL (1977)

Esta información coincide con la presentada en el Inventario Nacional Forestal (SEMARNAT, 2000). Se puede apreciar que General Terán tiene grandes superficies dedicadas a la agricultura. En Montemorelos se encuentran grandes superficies agrícolas, aunque todavía hay remanentes de matorral submontano. Rayones destaca por su diversidad y abundancia de bosques. En Galeana se encuentran menores superficies de bosque entremezcladas con mezquitales y matorrales (Figura 4).

Figura 4. Vegetación de la subcuenca del río Pilón

FUENTE: Modificado de SEMARNAT (2000)

2. Indicadores de la fragmentación

Se utilizaron el tamaño del fragmento y la relación entre perímetro y área de los fragmentos (P/A), para comparar las diferencias morfológicas de los fragmentos en las comunidades vegetales en 1974 y 2000. Para una zona dada, una alta relación (P/A) indica una forma compleja o alongada de los fragmentos, y lo contrario, una baja relación P/A, una forma más compacta y simple

Para derivar estos indicadores se desarrolló cartografía de la vegetación en las fechas de interés, esto mediante la interpretación de las imágenes del satélite Landsat 1 MSS de febrero de 1974 y del satélite Landsat ETM 7+ de marzo del 2000 (líneas 42 y 43 de las órbitas 27 y 28). Para poder establecer relación entre estas imágenes se trabajaron épocas similares del año, evitando variaciones fenológicas. Asimismo, las imágenes se corregistraron con el fin de evitar errores de desplazamiento. No se hicieron correcciones atmosféricas ni topográficas debido a las limitaciones en la fuente de datos. Sin embargo, el método de interpretación elegido (clasificación supervisada y estratificando las imágenes por provincia fisiográfica), así como los controles de verificación levantados en campo permiten salvar las variaciones que podrían inducir en la imagen la interferencia atmosférica y la sombra topográfica (Antonio *et al.,* 2006).

Se siguieron dos estrategias para evaluar la fragmentación, la primera consistió en usar el software de EXCEL para comparar, mediante gráficos, el número de fragmentos para cada clase de tamaño en las dos fechas evaluadas y visualizar los cambios en la relación P/A para ambas fechas.

La segunda estrategia fue unir espacialmente la cartografía de la vegetación en ambas fechas (1974 y 2000) y aplicar consultas anidadas para obtener la relación de fragmentos que permanecen dentro de la misma clase de vegetación en ambas, evitando así los cambios entre clases y los posibles errores (objeto de otro estudio). A este subconjunto se aplicó la prueba estadística de T apareado para probar si existen diferencias significativas en el tamaño y forma de los fragmentos (expresada en la proporción P/A) entre estas dos fechas.

Para complementar el análisis del estado de fragmentación de estos ecosistema, se corrieron pruebas con el software Patch Analyst, mediante el cual se derivaron los siguientes indicadores relacionados con la conectividad de los fragmentos:

a) El promedio del vecino próximo, que mide el aislamiento de los manchones al calcular la distancia mínima al borde de un manchón similar, promediada con respecto al paisaje.

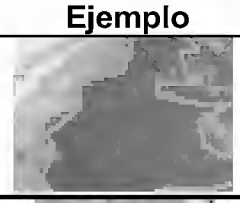
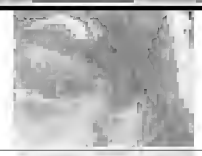
b) El índice de intersección y yuxtaposición, que mide la adyacencia entre manchones. Su valor se acerca a cero cuando la distribución de adyacencias es irregular, y a 100 cuando la distribución de adyacencias se distribuye equitativamente.

3. Selección de fragmentos

Para la selección de fragmentos se dio prioridad a aquellos fragmentos densos. Su ubicación se digitalizó mediante la interpretación de fotografía aérea de INEGI (1999), escala 1:75 000, haciendo uso del tono, textura y densidad como principales elementos de interpretación (Lillesand y Kiefer, 1994), como lo muestra la tabla 1.

Esta vegetación, aún fragmentada, cumple funciones diversas. Para distinguir aquellos fragmentos que es prioritario conservar debido a que cumplen

Tabla 1. Clave de interpretación

Vegetación	Tono	Textura	Densidad	Ejemplo
Bosque	Muy oscuro	Rugosa	Denso	
Matorrales	Oscura	Media	Semi-abierta	
Cultivos, pastizales	Media	Fina	Desigual	
Suelo y vegetación xerofita	Muy claro	Lisa	Nula	

funciones como zonas de amortiguamiento del lecho del río o como estabilizadores mecánicos de las pendientes, se aplicaron los siguientes criterios:

Aquellos fragmentos densos, ubicados a 500 m o menos del río, pertenecientes a las comunidades de matorral submontano y bosque de oyamel, bosque de pino-encino, bosque de encino, chaparral y mezquital-huizachal, son prioritarios como zonas de amortiguamiento. Este criterio incluye el espacio físico que ocupa el lecho del río e incorpora los tipos de vegetación que han sido transformados con mayor intensidad en los últimos 30 años en la región (Antonio *et al.*, 2006). Por su parte, aquellos fragmentos densos de vegetación ubicados en pendientes superiores al 30% y pertenecientes a las comunidades antes citadas, se consideraron prioritarios para la estabilización de laderas.

Esto requirió calcular las pendientes mediante la interpretación del modelo de elevación digital de la zona (INEGI, 2000), en el módulo 3D analyst de ArcView 3.2.

RESULTADOS

1. Indicadores de la fragmentación

La tabla 2 concentra la información relacionada con el cambio en el número de fragmentos dentro de las clases de tamaño en las comunidades vegetales de la cuenca, información que se discute y detalla posteriormente.

Los bosques de oyamel y de encino, así como el huizachal y el matorral submontano muestran una tendencia general de perder fragmentos en todas las categorías de tamaño, desapareciendo hasta en 50%. Estas comunidades están desapareciendo debido a su cercanía con las áreas productivas más pobladas y de mayor dinamismo. El bosque de encino, cerca de Montemorelos, y los huizachales, cerca de Terán; el submontano cerca de ambos y el bosque de oyamel cercano a Arteaga en la sierra.

Un patrón similar presenta el matorral desértico micrófito, pese a que no está cerca de algún núcleo poblacional.

Tabla 2. Número de fragmentos por clase de tamaño en las comunidades vegetales

	B. de oyamel		B. de pino		B. de pino-encino		B. de encino		Huizachal		M. tamaulipeco		M. submontano		M. desértico	
Área (Ha)	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**	**1974**	**2000**
0 a 1	810	306	1142	1261	1924	690	236	78	1333	249	2151	339	3182	746	797	173
1 a 5	672	239	1003	1101	1395	623	187	79	916	171	755	315	1934	618	673	214
5 a 10	149	72	246	276	242	169	50	21	220	55	88	75	438	131	162	68
10 a 50	147	83	258	280	168	145	46	18	176	50	46	91	368	119	127	51
50 a 100	29	17	30	29	14	15	4	4	25	10	2	10	55	14	10	3
100 a 500	22	12	33	28	2	4	8	2	11	8	0	14	47	11	4	0
más de 500	1	2	0	3	0	0	1	0	1	0	0	1	4	5	0	0

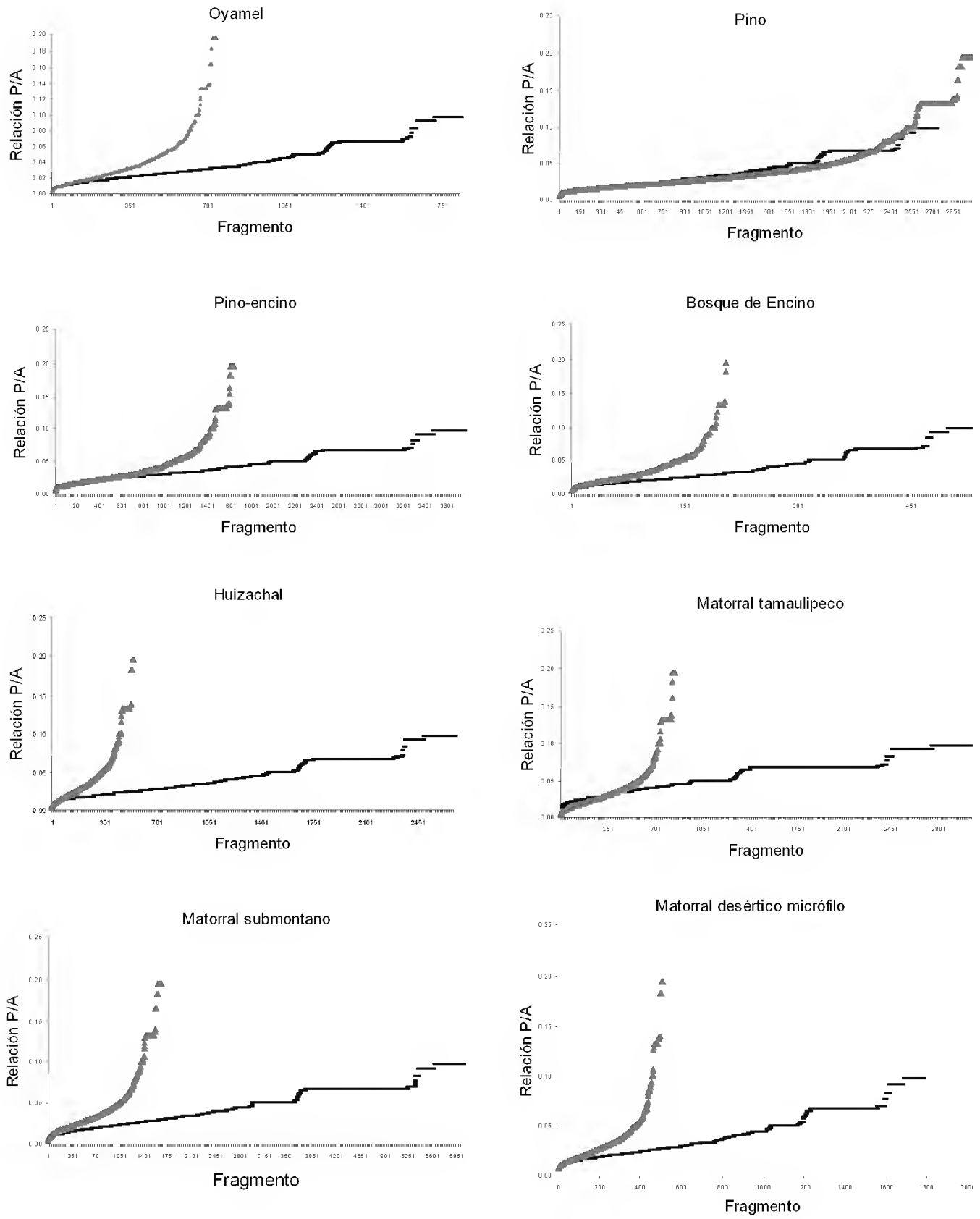


Figura 5. Relación Perímetro/Área en 1974 y 2000 en las comunidades vegetales

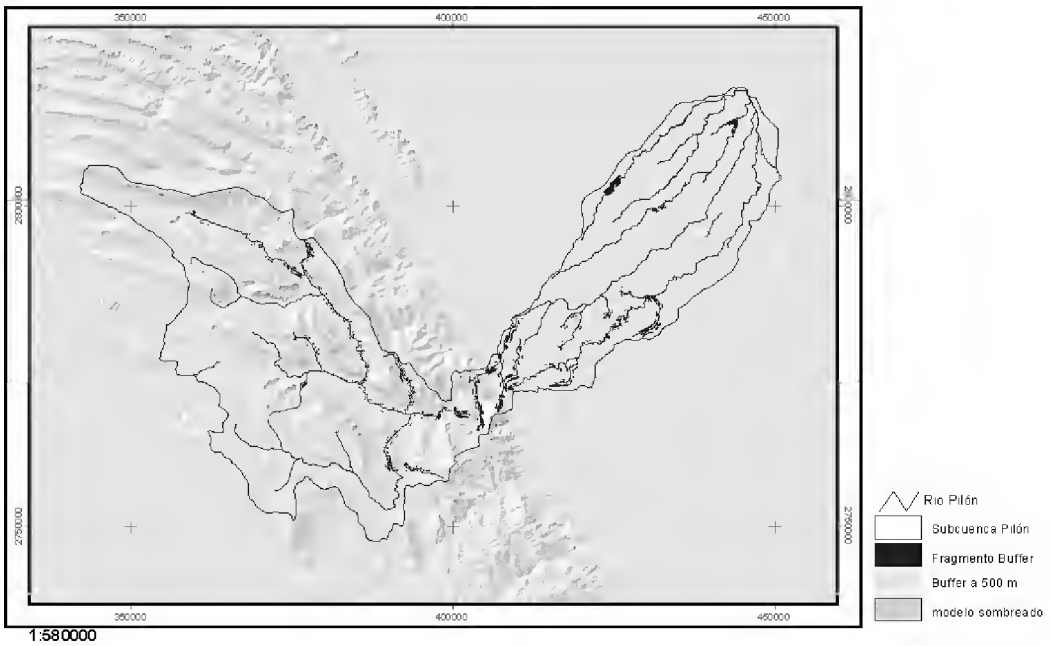
Este proceso puede estar relacionado más bien con el sobrepastoreo de ganado caprino, ya que una de las principales alternativas económicas de los habitantes marginados de las zonas montañosas es criar y vender cabritos.

El bosque de pino presenta un franco proceso de fragmentación, pues aparentemente incrementa el número de fragmentos en las clases menores de tamaño, pero debido a la pérdida de un fragmento de la categoría de 50 a 100 hectáreas y de

cinco fragmentos de la categoría de 100 a 500 hectáreas, el bosque de pino-encino y el matorral tamaulipeco pierden fragmentos en las clases de menor tamaño y presentan más fragmentos en clases mayores. Esto podría deberse a las diferencias en la capacidad de los sensores para detectar estos tipos mixtos de vegetación, por lo que se decide no hacer interpretaciones más profundas con este conjunto de datos.

La figura 5 muestra las variaciones en la relación P/A en las diferentes comunidades vegetales de la subcuenca del río Pilón. La relación P/A muestra una tendencia hacia formas irregulares en el año 2000, en todas las comunidades vegetales, mientras que los manchones originales tendían a una estructura más bien compacta (Figura 6).

a)



b)

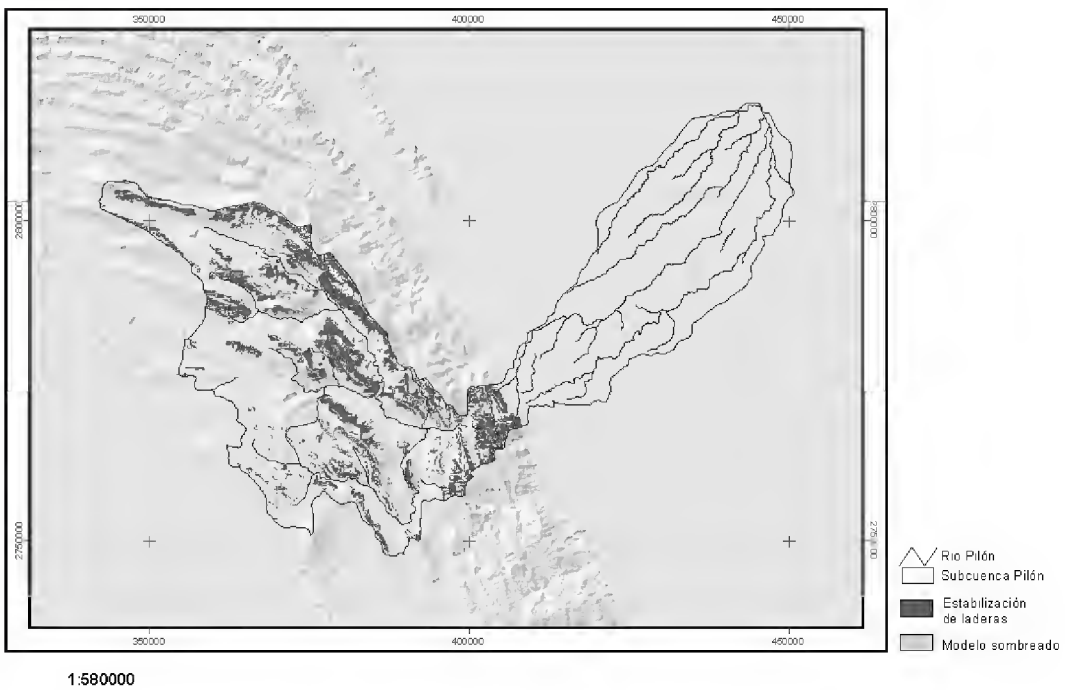


Figura 6. Fragmentos prioritarios para *a)* zonas de amortiguamiento y *b)* estabilización de laderas

Tabla 3. Resultados de la prueba de T apareado para el tamaño y la relación P/A

Comunidad	Variable	Media	Desviación	Error	t	GL	Sig.
Oyamel	área	824908,73	4517275,75	240090,50	3,44	353	0,001
Oyamel	A/P	0,00	0,04	0,00	0,37	353	0,714
Pino	área	-3678966,32	7117673,10	252437,85	-14,57	794	0,000
Pino	A/P	0,01	0,04	0,00	4,93	794	0,000
Pino-encino	área	-189352,79	620713,22	33131,22	-5,72	350	0,000
Pino-encino	A/P	0,01	0,04	0,00	3,20	350	0,002
M. tamaulipeco	área	-1153177,13	1959224,61	84001,06	-13,73	543	0,000
M. tamaulipeco	A/P	0,03	0,03	0,00	23,69	543	0,000
Huizachal	área	3737656,64	10675054,44	525285,09	7,12	412	0,000
Huizachal	A/P	0,00	0,04	0,00	-1,69	412	0,091
M. submontano	área	815816,84	4889091,59	217777,45	3,75	503	0,000
M. submontano	A/P	0,00	0,04	0,00	-1,66	503	0,098
M. desértico	área	-250311,69	304403,28	55576,18	-4,50	29	0,000
M. desértico	A/P	0,02	0,04	0,01	3,67	29	0,001

El bosque de pino es la única excepción, en él se muestra similitud en la forma de los fragmentos en ambas fechas, pero con algunos fragmentos del 2000, tendiendo hacia formas irregulares. Para validar lo anterior se muestra el resultado de la prueba de T por pares, para las variables área y relación P/A en las diferentes comunidades vegetales (Tabla 3). De acuerdo con esta prueba, en el periodo comprendido entre 1974 y 2000 ocurrieron cambios estadísticamente significativos en el área de los fragmentos de todas las comunidades vegetales. Morfológicamente, únicamente los cambios en el bosque de oyamel fueron pocos significativos, ya que para el resto de las comunidades se puede establecer que sí ocurrieron cambios morfológicos significativos. La tabla 4 concentra los indicadores seleccionados para evaluar la conectividad de los fragmentos entre cada tipo de ecosistema evaluado.

Tabla 4. Indicadores relativos al impacto de la fragmentación en la conectividad de los ecosistemas, evaluados para las dos fechas

Comunidad	Fecha	Media al vecino próximo (MNN)	Intersección y yuxtaposición (IJI)
Matorral tamaulipeco	1974	146,1	0
Matorral tamaulipeco	2000	232,5	0
Matorral submontano	1974	134,4	0
Matorral submontano	2000	230,9	0
Bosque de pino-encino	1974	168,0	0
Bosque de pino-encino	2000	204,4	0
Bosque de pino	1974	155,9	0
Bosque de pino	2000	143,6	0
Bosque de oyamel	1974	183,1	0
Bosque de oyamel	2000	228,6	0
Huizachal	1974	129,4	0
Huizachal	2000	302,5	0
Matorral desértico	1974	202,6	0
Matorral desértico	2000	382,6	0

Con excepción del bosque de pino, todas las comunidades vegetales muestran un incremento en la distancia media al vecino más próximo, siendo los cambios en la distancia entre manchones de bosque de pino-encino y bosque de oyamel los más sutiles, ya que se incrementaron en 36 y 45 metros, respectivamente. En el matorral tamaulipeco y submontano esta distancia incrementó en 86 y 96 metros. En los huizachales y matorrales desérticos, la distancia entre manchones incrementó notablemente (173 y 180 metros, respectivamente). El índice de intersección y yuxtaposición para todos los casos fue de cero, lo que indica la irregularidad en las distancias entre los manchones del paisaje evaluado.

Selección de fragmentos

La figura 6a muestra los 497 fragmentos que de acuerdo con los criterios empleados se consideran prioritarios a conservar, en función de servir como zonas de amortiguamiento. Estos ocupan una superficie total de 52,4 km^2. Por su parte, en la figura 6b se muestran los fragmentos que debido a sus funciones de estabilización de laderas se considera prioritario conservar. Se trata de 504 fragmentos que abarcan una extensión de 351 km^2.

DISCUSIÓN

El tamaño de los fragmentos de bosques y matorrales en la subcuenca del río Pilón es relativamente pequeño, ya que difícilmente se encuentran fragmentos cuyo tamaño supere las cincuenta hectáreas. Los resultados demuestran la presencia de un proceso de fragmentación forestal en la subcuenca, al probar diferencias significativas en el tamaño y forma de los fragmentos de las comunidades evaluadas en el periodo 1974-2000. Este proceso, sin embargo, no actúa de la misma forma en todas las comunidades, afecta con mayor intensidad a aquellas comunidades vegetales espacialmente más cercanas a los ejes de desarrollo agropecuario, siendo un factor común su cercanía con los principales asentamientos humanos y zonas de producción agropecuaria. Esto no está aislado de la dinámica de uso de los bosques en México y América Latina, en la que predomina la pérdida y fragmentación de ecosistemas forestales (Laurance y Laurance, 1999).

Abordar o intentar resolver los agentes causales de la fragmentación, que según Laurance y Laurance (1999) incluyen al crecimiento poblacional actual, la desigual distribución de la riqueza, el impacto del libre comercio y la explotación maderera, así como la debilidad de políticas e instituciones de conservación forestal, requiere de integrar acciones multisectoriales y transdisciplinarias que escapan del objeto de este estudio. Sin embargo, entender la magnitud del proceso mediante indicadores y puntualizar las zonas más importantes para mantener o recuperar, es una de las actividades básicas de este proceso. Habiendo identificado las zonas prioritarias, lo importante es tratar de detener y revertir procesos de deterioro, para conservar especies y poblaciones.

Algunos autores sugieren que para conservar poblaciones naturales es suficiente mantener poblaciones saludables bien distribuidas entre una red de hábitat heterogéneo y de alta calidad (Gibbs, 2001). Por su parte, Fahrig (2001) sugiere incluso que 58% de este hábitat podría funcionar. Otros investigadores reconocen que es necesario entender, en tiempo y espacio, la vulnerabilidad, las interacciones y la susceptibilidad de las especies, adaptando las prácticas de manejo de los diferentes tipos de bosque

para mantener las poblaciones en sus ecosistemas fragmentados (Ford *et al.*, 2001 y Ehrlich, 1996).

Aunque los indicadores de forma y conectividad utilizados aquí son generales y hacen la evaluación a nivel paisaje, permiten marcar señales de alerta en aquellas comunidades que están siendo más afectadas. Sin embargo, es obvio que para cada especie será diferente el impacto de una creciente distancia media entre fragmentos remanentes. Mientras que para algunas especies podría significar mayores tiempos dedicados a la caza, para otras puede significar la muerte por falta de alimentos. En términos de funciones ecológicas y servicios ambientales, también se está perdiendo calidad en los ecosistemas, por lo que no es de extrañar que en aguas abajo del río Pilón ya haya problemas para controlar el cauce (Notiver, 2007).

Común denominador entre los estudios sobre fragmentación es la urgente necesidad de restaurar los ecosistemas eliminando la flora y fauna invasora, reforestando y estableciendo corredores que permitan preservar poblaciones y microhábitats (Newmark, 1991; Lima y Gascon, 1999; Laurance y Laurance, 1999 y Wolf, 2001).

Para ello se recomienda establecer zonas prioritarias o fragmentos clave en los que se desarrolle investigación y acciones que permitan restaurar ecosistemas. Entre las principales acciones destaca proteger los árboles remanentes, cuidar los patrones de pastizales, manejar el fuego y reducir el impacto de las actividades humanas, específicamente el de la explotación de madera, de los asentamientos, del trazo de carreteras y del uso de agroquímicos (Fitzimmons, 2003; Lapin, 2003; Gibbs, 2001; Fahrig, 2001; Verboom *et al.*, 2001; Ford *et al.*, 2001; Riitters *et al.*, 2000; Lindenmayer *et al.*, 1999; Wigley y Roberts, 1997 y Ehrlich, 1996). En este sentido apunta la elección de fragmentos prioritarios para la conservación de los ecosistemas vegetales de la subcuenca del río Pilón, en los que inicialmente se sugiere implementar estrategias de manejo forestal que tiendan a un uso más racional de este valioso recurso (Tabla 5). Medir la magnitud de la fragmentación y puntualizar las zonas prioritarias para revertirla, es necesario si se desea avanzar hacia procesos más complejos de manejo de los recursos forestales en México.

Tabla 5. Acciones prioritarias y localidades clave en el manejo de la subcuenca

Actividad	Municipio	Localidad
Protección de zonas de vegetación riparia	Rayones	Los Cirrales, Monte Redondo, Santa Rita, La Ventana, El Mimbral, Los Barreno, Las Adjuntas, El Zapatero, El Jabalí, El Encinal de Abajo y La Diojeda
	Montemorelos	Las Pintas, San Antonio, San Francisco, La Esmeralda, Los Puertecitos y El Ebanito
	General Terán	Las Comitas
Obras y prácticas de conservación del suelo	Rayones	Los Chilares, Los Cirrales, Los Pocitos, El Ranchito y El Tepozán
	Montemorelos	Las Cuevas, Las Pintas

CONCLUSIONES

Existe un proceso marcado, aunque no generalizado, de fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón. La magnitud de la fragmentación forestal evaluada en función del tamaño de los fragmentos afecta principalmente a las siguientes comunidades vegetales: bosque de oyamel, bosque de pino-encino, matorral submontano y bosque de pino. En su conectividad, la fragmentación afecta más a los matorrales tipo tamaulipeco, submontano y desértico, así como los huizachales.

En virtud de ello se recomiendan conservar 347 fragmentos remanentes de vegetación, como zonas de amortiguamiento y 210 fragmentos para estabilización de laderas, integrando a 16 comunidades de Rayones, seis de Montemorelos y una de General Terán, en acciones de protección a las comunidades vegetales remanentes, así como obras y prácticas de conservación del agua y suelo.

RECONOCIMIENTOS

Financiado por el proyecto CONACyT-Sirreyes 2000060006, "Estimación de la captación de agua en tres cuencas de Nuevo León", y por la beca del padrón de posgrados de excelencia Conacyt 160864.

REFERENCIAS

Antonio, N. X., E. J. Treviño, J. Jiménez, H. Villalón y J. J. Návar. 2006. Cambios en la vegetación en la subcuenca del río Pilón. Nuevo León, México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12(1):5-11.

Arango, C. S. 2002. Edge-effects on tree regeneration in the Colombian Andes. Ph. D. Degree. University of Missouri-Saint Louis. 231 p.

Cantú, C., R. Sariñana, G. Rodríguez, F. González, E. Treviño, E. L. Rocha y S. Hernández. 1999. Evaluación e inventario de áreas naturales susceptibles para la conservación ecológica en Nuevo León. SEMARNAP-UANL-Gobierno del Estado de Nuevo León. 50 p.

Carvalho, K. S. y H. L. Vasconselos. 1999. Forest fragmentation in Central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. Biological Conservation 91:151-157.

CETENAL. 1975. Carta de vegetación y uso del suelo 1:50,000. Cartas G14C37, G14C38, G14C47 y G14C48. Aguascalientes, Aguascalientes. CETENAL.

CETENAL. 1977. Carta edafológica 1:50,000. Cartas G14C35 a G14C57. Aguascalientes, Aguascalientes. CETENAL.

Cosson, J. F., S. Ringuet, O. Claessens, J. C. De Massary, A. Dalecky, J. F. Villiers, J. M. Granjon y J. M. Pons. 1999. Ecological changes in recent land-bridge islands in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. Biological Conservation 91:213-222.

Cuéllar, R. L. G. 1999. Efecto de la fragmentación del matorral tamaulipeco en la diversidad y densidad de coleópteros y en la producción de semillas. Tesis de Maestria. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N. L., México. 85 p.

D´ Eon, R. G. 2003. Landscape spatial patterns and forest fragmentation in managed forests in southeast British

Columbia: Perceptions, measurements, and scale. PhD Dissertation. The University of British Columbia, Canadá, 1992. 107 p.

Erhlich, P. R. 1990. Habitats in crisis: Why we should care about the loss of species? Forest Ecology and Management 35:5-11.

Erhlich, P. R. 1996. Conservation in temperate forest: What do we need to know and do? Forest Ecology and Management 85(1-3):9-19.

Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. Biological Conservation 103:237-245.

Evelyn, M. J. 2002. Ecological consequences of forest fragmentation: Bats and birds in human-dominated landscapes. PhD Dissertation. Stanford University. 171 p.

Fahrig, L. 2001. How much habitat is enough? Biological Conservation 100:65-74.

Fernández-Manjárrez, J. F. 2002. Genetic diversity and matting system in a fragmented population of the Andean oak *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae) (Colombia). PhD Dissertation. University of Missouri-San Louis. 135 p.

Fitzimmons, M. 2003. Effects of reforestation on landscape spatial structure in boreal Saskatchewan, Canada. Forest Ecology and Management 174:577-592.

Flores G., M. L. 2000. Remoción de semillas en fragmentos de matorral espinoso Tamaulipeco, Linares, N. L. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N. L., México. 70 p.

Ford, H. A., G. W. Barrett, D. A. Saunders y H. F. Recher. 2001. Why have birds in the woodlands of southern Australia declined? Biological Conservation 97:71-88.

Gibbs, J. P. 2001. Demography versus habitat fragmentation as determínants of genetic variation in wild populations. Biological Conservation 100:15-20.

Guariguata, M. R. y M. A. Pinarde. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in Neotropical forest trees: Implications for natural forest management. Forest Ecology and Management 112(1-2):87-99.

Harrison, S., K. Rice y J. Maron. 2001. Habitat patchiness promotes invasion by alien grasses on serpentine soil. Biological Conservation 100:45-53.

Houghton, R. A., D. S. Lefkkowitz y D. L. Skole. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. I. Progressive loss of forest. Forest Ecology and Management 38:143-172.

INEGI-INE. 2000. Indicadores de desarrollo sustentable en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Aguascalientes.

INEGI. 1999. SINFA. Fotografía aérea de las zonas G14-7 y G14-8. Escala 1:75 000. Aguascalientes, Aguascalientes.

INEGI. 2000. CD Geomodelos de Altimetría GEMA. Zonas G14-7, 8,10 y 11. Escala 1:250,000.

Kammesheidt, L., P. Köhler y A. Huth. 2002. Simulating logging scenarios in secondary forest embedded in a fragmented Neotropical landscape. Forest Ecology and Management 170:89-105.

Katnik, D. D. 2002. Predation and habitat ecology of mountain lions (*Puma concolor*) in the southern Selkirk Mountains. PhD Dissertation, Washington State University. 217 p.

Lapin, M. F. 2003. Nature conservation in an agricultural landscape: Forest ecology, fragmentation analysis and systematic site prioritization, Southern Champlain Valley, Vermont, United States. PhD Dissertation, Cornell University. 237 p.

Laurance, W. F., L. V. Ferreira, J. M. Rankin-De Merona y S. G. Laurence. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. Ecology 79(6):2032-2040.

Laurance, W. F., G. S. Laurance y P. Delaminica. 1998a. Biological dynamics of forest fragments project, national institute for research in the Amazon (INPA), Brazil. Forest Ecology and Management 110(1-3):173-180.

Laurance, S. G. y W. F. Laurance. 1999. Tropical wildlife corridors: Use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. Biological Conservation 91:231-239.

Law, B. S. y M. Lean. 1999. Common blossom bats (*Syconycteris australis*) as pollinators in fragmented Australian tropical rainforest. Biological Conservation 91:201-212.

Lima, M. G. y C. Gascon. 1999. The Conservation value of linear forest remnants in Central Amazonia. Biological Conservation 91:241-247.

Lindenmayer, D. B., R. B. Cunningham y M. L. Pope. 1999. A large-scale "Experiment" to examine the effects of landscape context and habitat fragmentation on mammals. Biological Conservation 88:387-403.

López, J. J., P. Pelottob y J. Protomastroc. 1995. Edge-interior differences in vegetation structure and composition in a Chaco Semi-arid Forest, Argentina. Forest Ecology and Management 72(1):61-69.

Loreau, M., S. Ñame, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D. U. Hooper, M. A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman y D. A. Wardle. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294:804-808.

Malcom, J. R. 1994. Edge effects in Central Amazonian forest fragments. Ecology 75(8):2438-2445.

Mas, J. F. y J. Correa S. 1999. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida "Los Petenes", Campeche, México. Investigaciones Geográficas 43:42-59.

McCann, K. S. 2000. The diversity-stability debate. Nature 405. [En Línea] Disponible en: www.nature.com Insight Review Articles. Consulta 11 mayo de 2000.

McGarical, K. y B. J. Marks. 1994. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Landscape Pattern Metrics. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis.

Mesquita, R. C. G., P. Delamônica y W. F. Laurance. 1999. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. Biological Conservation 86:357-364.

Miyashita, T., A. Shinkai y T. Chida. 1998. The effects of forest fragmentation on web spider communities in urban areas. Biological Conservation 91:129-134.

Newmark, W. D. 1991. Tropical forest fragmentation and the local extinction of understory birds in the eastern Usambara Mountains, Tanzania. Conservation Biology 5 (1):67-78.

Notiver (4 septiembre 2007) Intensas lluvias en Nuevo León. Encabezados. En línea. Disponible en: http://www.notiver.com.mx/index.php ?id=83574.

Olvera, A. 1999. La lucha por el agua en la región citrícola. Congreso del Estado de Nuevo León. Serie la Historia y el Derecho 12. Monterrey, N. L. 87 p.

Ortega-Huerta, M. A. 2002. Analyzing spatial patterns of biodiversity, landscape fragmentation, and land ownership regimes in northeastern Mexico. PhD Dissertation. University of Kansas. 148 p.

Pérez S., B. M. 2002. The molecular systematics of *Leontopithecus*, population genetics of *L. chrysopygus* and the contribution of these two sub-fields to the conservation of *L. chrysopygus* (Brazil). PhD Dissertation, Columbia University. 159 p.

Pfister, J. 2003. Mapping forest fragmentation in Maryland using Landscape Indices.16th. Annual Geographic Information Sciences Conference. Towson University. June 2-3, 2003. Towson, Maryland.

Price, O. F., J. C. Woinarski y D. Robinson. 1999. Very large area requirements for frugivorous birds in Monsoon rainforest of the northern Territory, Australia, Biological Conservation 91:169-180.

Riitters, K., J. Wickham, R. O´Nell, B. Jones y E. Smith. 2000. Global-scale patterns of forest fragmentation. [En Línea] Disponible en: www. consecol.org/vol4/iss2/art3

Sánchez, S. R. 1987. Algunas características hidrológicas del río Pilón. Ingeniería hidráulica en México Vol. 2(2):36-51.

Saunders, D. A., R. J. Hobbs y Ch. R. Margules. 1990. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. Conservation Biology 5:18-32.

SEMARNAT. 2000. Inventario nacional forestal. Zonas G14-7, -8, -10 y -11. 1:250,000. CD México, D. F. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sizer, N. y E. V. J. Tanner. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest Amazonia. Biological Conservation 91:135-142.

Summer, J., C. Moritz y R. Shine. 1999. Shrinking forest shrinks skink: Morphological change in response to rainforest fragmentation in the prickly forest skink (*Gnypetoscincus queenslandiae*). Biological Conservation 91:159-167.

Summerville, K. S. 2002. Ecological determinants of species diversity and community composition of forest moths (Lepidoptera) at local regional scales. PhD Dissertation. Miami University. Dai-B 63/06. 227 p.

Tabarelli, M., W. Mantovani y C. A. Peres. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the Montane Atlantic forest of southeastern Brazil. Biological Conservation 91:119-127.

Thompson, F. R., T. M. Donovan, D. R. Whitehead y J. Faaborg. 1995. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. Science 267:1987-1990.

Thornburn, J. 1998. Forest fragmentation. [En línea]. Disponible en: htpp://www.ucfv.bc.ca

Verboom, J., R. Foppen, P. Chardon, P. Opdam y P. Luttikkhuizen. 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: An example for Marshland birds. Biological Conservation 100:89-101.

Wigley, T. B. y T. H. Roberts. 1997. Landscape-level effects of forest management on faunal diversity in bottomland hardwoods. Forest Ecology and Management 90 (2-3):141-154.

Wolf, A. 2001. Conservation of endemic plants in serpentine landscapes. Biological Conservation 100:35-44.

Manuscrito recibido el 9 de abril del 2007
Aceptado el 3 de marzo del 2008

Este documento se debe citar como:
Antonio-Némiga, X., E. J. Treviño-Garza y E. Jurado-Ybarra. 2008. Fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón: diagnóstico y prioridades. Madera y Bosques 14(3):5-23.

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental

Regular and irregular forest management evaluation of the Sierra Madre Occidental forests

José Ciro Hernández-Díaz[1*], José Javier Corral-Rivas[2], Andrés Quiñones-Chávez[3], Jeffrey R. Bacon-Sobbe[1] y Benedicto Vargas-Larreta[4]

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la recuperación del volumen de *Pinus* en pie después de una corta, en bosques tratados con los sistemas de manejo regular e irregular. Para ello se revisaron los antecedentes de cinco predios manejados con el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y doce predios manejados con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS). Además, en estos predios, en el año 2004 se muestrearon 12 unidades básicas de manejo del MMOBI y 34 del MDS. La intensidad de muestra fue del 5% y se usaron sitios circulares de 1 000 m^2. De los 17 predios estudiados, en 11 ya se había cambiado de método de planeación para el año 2004, en ocho se observó que hubo cambios en la delimitación de las unidades básicas de manejo en los programas posteriores al de la anualidad 1995-1996. Se encontró que en el año 2004, aunque ya había transcurrido casi un ciclo de corta, el volumen por hectárea en seis de las 12 unidades básicas de manejo analizadas del MMOBI y en 19 de las 34 unidades de manejo del MDS fue significativamente diferente (α =5%). Estas diferencias se atribuyen a los cambios en la delimitación de las unidades básicas de manejo y a una baja precisión de los inventarios, causada por: i) inadecuada intensidad de muestreo, ii) errores en la estimación de las categorías diamétricas y de altura y iii) uso de factores de área basal inadecuados.

PALABRAS CLAVE:
Factor de área basal, manejo de bosques regulares e irregulares, Método de Desarrollo Silvícola, Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares, rodalización.

ABSTRACT

The recovery of standing *Pinus* stock after a harvest in forests treated under irregular and regular forest management systems was evaluated. The management history of five forest properties managed under the Mexican Management Method of Irregular Forests (MMOBI) and twelve under the Silvicultural Development Method (MDS) during the period 1995-96 was analyzed. In addition, in 2004 within these forest properties, 12 basic MMOBI forest management units and 34 basic MDS units were

1 Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Km 5.5, Carretera a Mazatlán; CP 34120, Durango, Dgo., México.
2 Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan y Blvd. Durango; Col. Valle del Sur; CP 34120; Durango, Dgo., México.
3 Campo experimental Valle del Guadiana, INIFAP; Km 5.5, Carretera a El Mezquital; Durango, Dgo.
4 Instituto Tecnológico Forestal núm. 1. Mesa del Tecnológico s/n. AP 2, CP 34950, El Salto, P.N., Durango, México.
* Autor para correspondencia: Tel y Fax: +52-618-8271215. Correo electrónico: jciroh@ujed.mx

sampled with an intensity of 5 % of their total area, using 1000 m^2 circular plots. Of the 17 properties managed, either with MMOBI or MDS in 1995-96, 11 had shifted to another forest planning method by the year 2004. In eight of the 17 properties, management programs for the harvest cycle following the one containing the data for the period 1995-96 indicated that there were modifications to the delimitation of the basic forest management units. It was found out that by 2004, even though a cutting cycle had almost culminated, the volume per hectare in six of the 12 MMOBI units analyzed and in 19 of the 34 MDS units analyzed were significantly different (α = 5%). The differences are attributed to the changes in delimitation of the basic forest management units and to a low precision of the forest inventories, due to: a) inadequate sampling intensity, b) errors in the estimation of diameters and heights classes, and c) the use of inadequate basal area factors.

KEYWORDS:
Basal area factor, stands delimitation, regular and irregular forest management, MMOBI, MDS.

INTRODUCCIÓN

Según Mendoza y Rodríguez (1959), hasta el año de 1940 la posibilidad de corta de madera en los bosques de México se calculaba con diversas fórmulas de origen europeo, como la de Heyer, el método Francés y el de Melard. En 1941, en la primera Convención Nacional Forestal, Carlos Treviño Saldaña, basado en intensos estudios biométricos realizados en Durango y Puebla, manifestó que estos métodos eran imprecisos al aplicarse a los bosques mexicanos, que eran casi vírgenes. En este evento, Treviño Saldaña propuso su fórmula para calcular la posibilidad de corta, basada en el incremento de la masa, magnitud de las existencias reales actuales y las normales, y en el periodo de planeación propuesto por el silvicultor para que el monte alcanzara la normalidad. La innovación principal fue que dichas variables debían deducirse de las condiciones reales de cada bosque a ser manejado (Mendoza y Rodríguez, 1959).

En 1944, el Servicio Forestal Oficial de México, tratando de asegurar que el aprovechamiento de cualquier bosque en el país fuera persistente, remarcó la importancia de calcular su incremento anual y con base en éste, en la fórmula del interés compuesto y en una intensidad de corta no mayor al 35% de las existencias reales totales (ERT), poder calcular un ciclo de corta que permitiera por lo menos la recuperación de los volúmenes cortados en cada rodal intervenido. Sin embargo, estos lineamientos oficiales no especificaban un plan de desarrollo del bosque ni lo que se esperaba lograr con su manejo en el mediano y largo plazo (Mendoza y Rodríguez, 1959). Esta deficiencia se superó en 1951, cuando la Dirección Técnica de la Unidad Industrial de Explotación Forestal de Atenquique, Jalisco, presentó su proyecto general de ordenación de bosques. En este documento se realizó un análisis de los lineamentos oficiales de manejo, con lo cual surgió el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), que en los siguientes 25 años se generalizó para casi todos los bosques del país. Una característica relevante del MMOM, no prevista en la disposición oficial citada, consistió en hacer variar la intensidad de corta en cada predio o rodal según su porcentaje de incremento corriente, dado un ciclo de corta general previamente determinado (Mendoza y Rodríguez 1959 y Torres, 1999).

A principios de los años de 1980, el nombre del MMOM cambió a MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares), al incorporarse el criterio de utilizar como referencia la Curva de Liocourt (SEMARNAP y AMPF, 1998) que relaciona el número de árboles de diferentes categorías diamétricas que

debe haber en un bosque normal por unidad de superficie, para guiar la estructura de las masas manejadas hacia la meta ideal de bosque irregular normal (Torres, 1999). Tanto en el MMOBI como en su antecesor, todos los rodales se manejan bajo el sistema de bosques irregulares, aprovechándolos mediante el tratamiento único de "cortas de selección".

En los años de 1970, se observó que algunos bosques nuevos se originaron a consecuencia de las cortas intensivas efectuadas a principios del siglo XX. A estos bosques se les llamaba "de segundo crecimiento" y semejaban estructuras regulares o tendientes a la regularidad, por lo que algunos técnicos impulsaron lo que en aquel tiempo se denominó "silvicultura intensiva", conocido después como el Método de Desarrollo Silvícola (MDS). En este sistema de manejo se aplican varias "cortas de aclareo" en la etapa de crecimiento rápido del bosque, y al final del turno se aplica una corta intensiva llamada "corta de regeneración" (dejando en pie solamente árboles padres), para promover que se establezca la regeneración natural, misma que es liberada en el siguiente ciclo de corta. El objetivo final de esta secuencia de tratamientos es llevar a los bosques desde su estructura original (un tanto irregular) hacia una estructura regular, a través de la ejecución de un turno (Cano, 1988).

En la década de 1980 el MDS casi llegó a generalizarse en todo el estado de Durango, remplazando en muchos casos al MMOBI. Sin embargo, en esa misma década algunos técnicos formularon la hipótesis de que no era correcto generalizar el manejo irregular, ni tampoco el manejo regular a todos los bosques, pues las condiciones que se presentan en cada predio y en cada rodal son diversas. Empezaron entonces a buscarse métodos mixtos que permitieran aplicar en un mismo predio y en cada rodal los conceptos de manejo regular o irregular, dependiendo de su topografía, clima y vegetación, así como de los objetivos buscados.

Es así como en Durango se aplican ahora, además del MMOBI y el MDS, cuatro métodos mixtos, que combinan en el mismo predio los sistemas de manejo de bosque regular e irregular, que son: el Sistema de Conservación y Desarrollo Silvícola (SICODESI), el Sistema Integral de Manejo de Bosques de la Unidad Santiago (SIMBUS), el Sistema de Manejo Integral Forestal de Tepehuanes (SMIFT) y el llamado Método Mixto.

Esta variedad de métodos indica que el manejo forestal en Durango se ha ido refinando y es más específico en las últimas décadas. Sin embargo, al igual que en otras partes del mundo, en Durango poco se ha estudiado en relación a la respuesta del bosque a cada método o sistema de planeación, para ayudar a definir cuáles prácticas silvícolas han sido apropiadas y de qué manera influyen para lograr la sustentabilidad en el manejo forestal (Pélissier *et al.*, 1998; Gadow *et al.*, 2004; Corral *et al.*, 2005 y Solís *et al.*, 2006). Como una contribución a lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar técnicamente el uso de los sistemas de manejo regular e irregular que fueron aplicados en bosques del estado de Durango desde 1990 hasta el año 2004. En particular, el enfoque del estudio fue evaluar el grado de recuperación del volumen en pie del género *Pinus*, a nivel de unidad de manejo tratada con el MMOBI y con el MDS.

METODOLOGÍA

Ubicación

La Sierra Madre Occidental del estado de Durango, México, se localiza entre las coordenadas geográficas 26º 50´ y 22º 17´ de latitud norte y 107º 09´ y 102º 30´ de longitud oeste (SARH, 1994). Esta región se caracteriza por presentar climas templados fríos, con bosques de diversos tipos.

El estudio se realizó en una muestra de predios bajo aprovechamiento forestal comercial, constituidos principalmente por bosques mixtos de pino-encino (*Pinus-Quercus*) o de encino-pino (*Quercus-Pinus*); con menor abundancia se aprovechan bosques de coníferas donde predomina el género *Pinus* y también algunos bosques de hojosas, en especial *Quercus* (González *et al.,* 2007). En la figura 1 se ilustra la ubicación aproximada de los predios que constituyeron la muestra, aclarando que para realizar este trabajo se analizaron únicamente los casos que en la anualidad 1995-1996 se manejaban con los métodos MMOBI y MDS.

Selección de los predios y sistemas de manejo a estudiar

Se tomó como base de análisis la anualidad 1995-1996, asumiendo que el tipo de actividades de manejo que se realizaron en esa anualidad fueron similares a las que se efectuaron en cualquier otra anualidad del ciclo de corta vigente en los años de 1990. En los archivos de la delegación federal de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se encontró que entre los meses de julio de 1995 y junio de 1996 se expidieron autorizaciones a 229 predios para realizar algún tipo de aprovechamiento persistente.

En un estudio más amplio, del cual se desprende el presente reporte, se analizaron 31 predios, distribuidos de tal manera que representaron por lo menos el 10% de los predios autorizados en cada uno de los seis métodos de planeación principales que se aplican en Durango. Sin embargo, debido a que el MMOBI y el MDS son los más utilizados y en los que mejor se diferencia el sistema de manejo forestal, en este estudio se

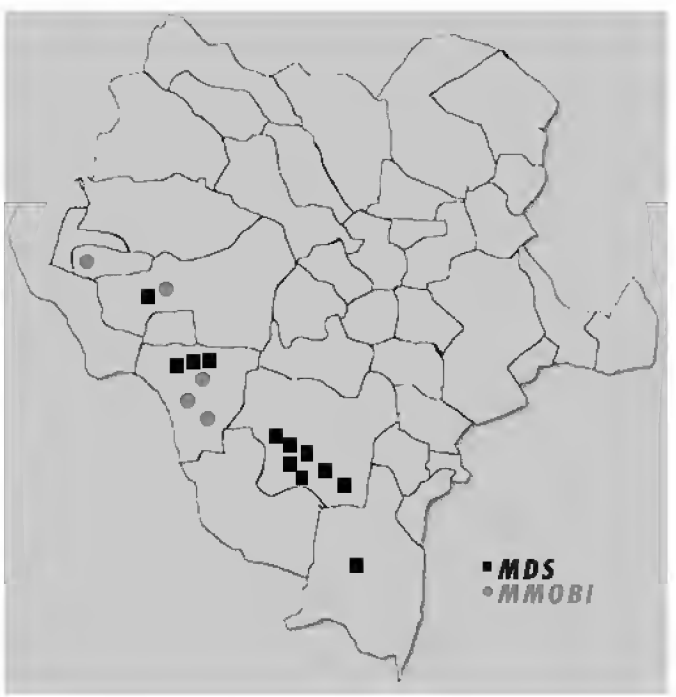


Figura 1. Localización de los predios muestra dentro del área de estudio

incluyó solamente el análisis realizado para estos dos métodos de planeación.

Para seleccionar los predios muestra se estratificaron 229 predios por el método de planeación. Posteriormente se seleccionaron al azar al menos 10% de los predios dentro de cada estrato (método de planeación), asegurándose de incluir por lo menos tres predios para cada método, quedando la muestra como se aprecia en la figura 2. La intensidad de muestreo utilizada en el campo fue del 5% de la superficie para cada unidad básica de manejo (la cual fue el estrato en el caso del MMOBI y el subrodal en el caso del MDS). Un estrato con fines de manejo forestal es considerado como un grupo de rodales que tienen aproximadamente las mismas condiciones de composición y dominancia de géneros, la misma cobertura de copa y la misma altura media (SEMARNAP y AMPF, 1998). Por lo tanto, un estrato cubre un área mucho más extensa y diversa, comparada con el área de un subrodal utilizado como unidad básica de manejo en el MDS.

Datos de campo

La toma de datos de campo se realizó en el año 2004, seleccionando al azar un número de unidades básicas de manejo, suficientes para completar un máximo de 80 hectáreas por predio, que fue el área factible de estudiar con la intensidad de muestreo programada, dados los recursos financieros disponibles. Dentro de cada unidad básica de manejo se levantaron en forma sistemática sitios circulares de 1 000 m^2, utilizando una malla de puntos con una separación de 100 m, y levantando un mínimo de tres sitios por unidad. Un total de 46 unidades de manejo distribuidas en 17 predios fueron muestreadas, para evaluar los dos sistemas de manejo forestal (Figura 2). La tabla 1 muestra un resumen de las características de los predios manejados con MDS y MMOBI en la anualidad 1995-96, considerados en este trabajo.

En cada sitio de muestreo se registraron los siguientes datos: nombre del

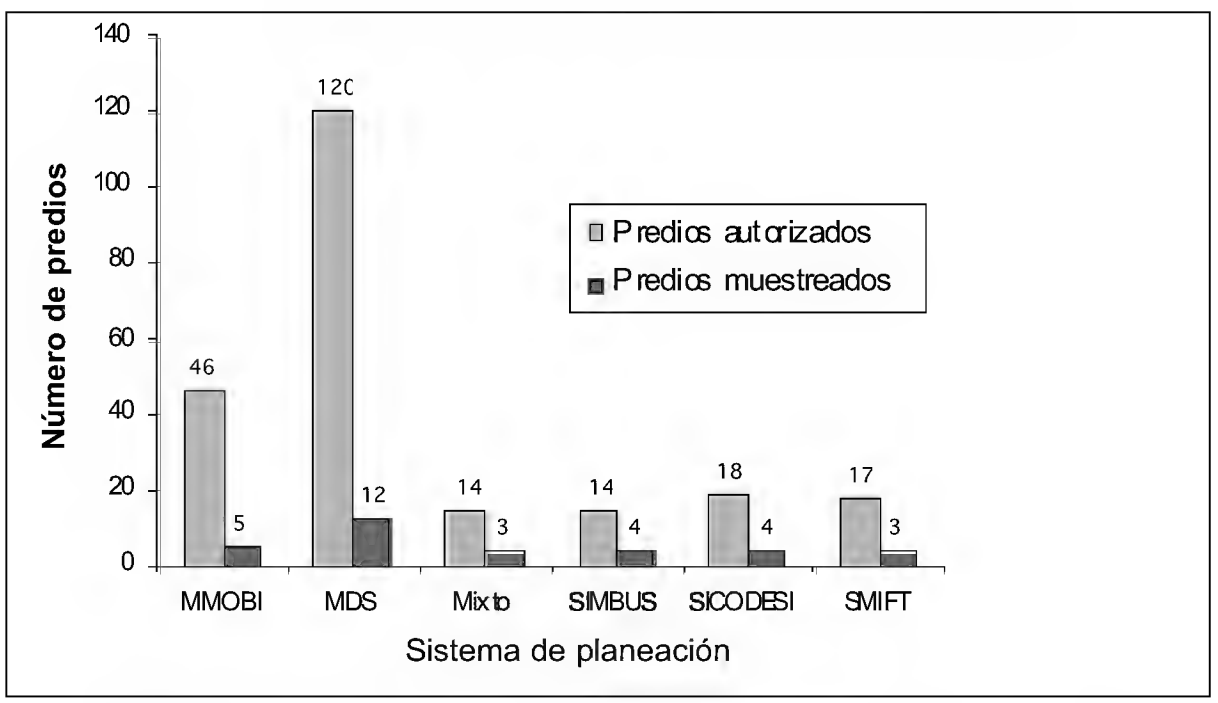


Figura 2. Número de predios autorizados y muestreados para cada sistema de planeación

Tabla 1. Predios manejados con MMOBI y con MDS en la anualidad 1995-1996 y que se analizaron en este estudio

Método y clave por predio	Superficie comercial maderable (ha)	Área de corta 1995-96 (ha)	Área muestreada en 2004 (ha)	Unidades de manejo muestreadas en 2004	Número de sitios de muestreo	Intensidad de muestreo en el área muestreada (%)
P.P. El Alamito	373	62	62	1	20	3,2
P.P. L-6 Bajío de las Flores	304	92	80	3	40	5,0
P.P. Fracc. Segregado P.R. Miravalles	114	71	66	2	35	5,3
P.P. Mitad SW L-11 Fracc. P. Miravalles	100	47	47	4	24	5,1
Com. San Antonio, Topia	495	101	92	4	40	4,3
P.P. Bajíos de Don Víctor L-7	972	148	83	8	40	4,8
P.P. El Castillito	278	30	30	2	15	5,0
P.P. La Ciudad L-1	3553	586	80	4	39	4,9
Ejido El Encinal	3982	233	80	2	40	5,0
P.P. Ibáñez L-4	472	43	43	3	21	4,9
P.P. Ibáñez L-5	230	32	32	4	22	6,9
P.P. Laguna Colorada L-52	150	37	37	2	18	4,9
Ejido Navajas	624	58	40	3	21	5,3
Ejido Otinapa y San Carlos	942	166	133	3	40	3,0
Ejido Regocijo	6868	732	80	4	40	5,0
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	19403	1377	190	4	40	2,1
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	429	63	35	7	21	6,0

predio, municipio, sistema de manejo, anualidad, responsable técnico, sitio, coordenadas geográficas, número de unidad de manejo, tratamiento silvícola y superficie de la unidad. En los datos dasométricos obtenidos se incluyó información referente al género, especie, diámetro normal y diámetro a la altura del tocón (ambos en categorías de los 5 cm en adelante), altura total (en categorías de los 5 m en adelante), edad y tiempo de paso (en años). Como complemento se tomaron datos ecológicos cuantitativos y cualitativos que incluyeron las variables de porcentaje de la pendiente del terreno, la exposición, la altitud y observaciones de perturbaciones evidentes del sitio.

Datos de gabinete

En los archivos históricos disponibles se revisaron documentos que datan de los años de 1990 para los rodales muestreados en campo, incluyendo: estudios dasonómicos y sus ajustes, planes de manejo integral, programas de manejo forestal, modificaciones e informes finales (SEMARNAT y Prestadores de Servicios Técnicos Forestales, 1990-2004). La información contenida en estos documentos se comparó con la situación reciente reportada en los estudios de la presente década, en los predios que ya contaban con el nuevo programa de manejo. La información se analizó a nivel

de unidad básica de manejo, incluyendo: la intensidad de muestreo aplicada en el inventario de los años de 1990, el tratamiento silvícola utilizado, las existencias reales totales de pino (en metros cúbicos rollo total árbol por hectárea), la altura media (en metros) y el diámetro normal promedio del arbolado (en centímetros).

La comparación estadística entre la estimación de volumen de pino en pie expresado en metros cúbicos rollo total árbol por hectárea (m^3rta/ha), reportado en los estudios elaborados en los años de 1990, con los datos obtenidos en el muestreo de campo de 2004 se realizó, mediante el uso del intervalo de confianza, calculado para el volumen medio de los datos mediante la ecuación [1]. El intervalo de confianza se define por un límite inferior y un límite superior, dentro de los cuales se espera que se encuentre el valor verdadero del volumen para la población, de acuerdo a un nivel o coeficiente de confianza definido por Merril y Fox (1977). En este trabajo se utilizó un nivel de confianza del 95%, aceptando un error α del 5%.

$$IC = \overline{y}_i \pm t_{\alpha/2,v} * S_{\overline{y}_i}$$

Donde: IC es el valor del intervalo de confianza en m^3rta/ha, $\overline{y}$ es la estimación del volumen medio en la unidad básica de manejo *i* (m^3rta/ha), *t* es el valor del estadístico *t* de student, α es el error que se acepta tolerar, *v* son los grados de libertad, y $S_{\overline{y}i}$ es el error estándar del volumen medio en la unidad de manejo *i* (m^3rta/ha). Los datos se procesaron con el procedimiento MEANS del programa SAS/STAT® (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Disponibilidad de antecedentes en archivos

En los programas de manejo revisados, se detectó que en la planeación de las actividades a realizar no se consideraron los resultados obtenidos de la ejecución del programa anterior, ya que no se tomaron en cuenta los informes finales de las anualidades del ciclo de corta anterior. Por otra parte, en la mayoría de los informes finales encontrados de la anualidad de estudio, no se especificaron las acciones realizadas ni los sucesos incontrolables ocurridos en cada unidad básica de manejo, sino solamente a nivel general del área de corta. Por lo tanto, de la revisión de la disponibilidad de antecedentes en archivos se deduce que, hasta el momento, para los predios estudiados no es posible efectuar un seguimiento cuantitativo del historial de manejo para cada uno de los estratos y subrodales, lo cual representó una barrera para lograr el objetivo propuesto.

Cambios en el sistema de planeación, el turno y el ciclo de corta

En 11 de los 17 predios analizados que en la anualidad 1995-1996 se manejaron con cualquiera de los dos métodos (el MDS o el MMOBI), se encontró que había cambiado el sistema de planeación de la corta para el año 2004 (Tabla 2). Los principales argumentos citados en los documentos para justificar estos cambios fueron: *1)* lograr eficazmente los objetivos del manejo, *2)* recuperación oportuna de los volúmenes aprovechados, *3)* evitar cortas severas en lugares con suelos frágiles y pendientes pronunciadas, *4)* disminuir las necesidades de caminos, *5)* atender necesidades del mercado y *6)* promover la permanencia del empleo local. En siete de los 12 predios manejados

con MDS en los años de 1990 se encontró información de archivo que permitió comparar la longitud del turno y del ciclo de corta (Tabla 2), advirtiéndose que en cuatro de esos siete predios hubo variaciones en los parámetros silvícolas, así como cambios del sistema de planeación.

Los cambios de sistema de planeación podrían estar justificados por argumentos como los citados. Sin embargo, el aumento o la reducción del ciclo de corta y sobre todo del turno, en periodos de planeación consecutivos, implican el aumento o reducción del volumen de corta sustentable por hectárea en cada intervención, dificultando así su monitoreo a largo plazo (Ludwig *et al.*, 2001). Asimismo, en diversos trabajos se plantea la importancia de mantener constante la delimitación de las unidades básicas de manejo, para poder monitorear con eficiencia los efectos del aprovechamiento sobre la sustentabilidad de variables como la estructura y composición, la biodiversidad y la calidad del ecosistema en general (Putz, 1994; Thoms y Betters, 1998 y Velázquez *et al.*, 2001).

Tabla 2. Predios muestreados incluyendo aquellos para los cuales se detectó un cambio de método de planeación de acuerdo con la información de gabinete

Nombre del predio	Turno (años)	Ciclo de corta (años)	Método de planeación en 2004	Turno (años)	Ciclo de corta (años)
Predios manejados con MMOBI en 1995-96					
P.P. El Alamito	120	20	SIMBUS	n.d.	n.d.
P.P. L-6 Bajío de las Flores	n.d.	10	MMOBI	n.d.	12
P.P. Fracc. Segregada P.R. Miravalles	n.d.	10	MMOBI	n.d.	n.d.
P.P. Mitad SW L-11 Fracc. P. Miravalles	n.d.	10	MMOBI	n.d.	n.d.
Com. San Antonio, Topia	n.d.	20	SICODESI	75	15
Predios manejados con MDS en 1995-96					
P.P. Bajíos de Don Victor L-7	70	14	MDS	n.d.	n.d.
P.P. El Castillito	74	15	SIMBUS	120	10
P.P. La Ciudad L-1	60	12	MIXTO	52	10
Ejido El Encinal	50	10	MMOBI	70	14
P.P. Ibáñez L-4	60	12	MIXTO	60	12
P.P. Ibáñez L-5	60	12	MIXTO	60	12
P.P. Laguna Colorada L-52	70	14	MIXTO	n.d.	n.d.
Ejido Navajas	50	10	MMOBI	60	12
Ejido Otinapa y San Carlos	70	14	MIXTO	n.d.	n.d.
Ejido Regocijo	50	10	MIXTO	n.d.	n.d.
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	70	14	MDS	70	14
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	70	14	MDS	n.d.	n.d.

Cambios en la rodalización

Existen variaciones en cuanto a la forma de caracterizar y delimitar los rodales, algunos autores opinan que deben tomarse en cuenta sólo características físicas estables del terreno (Davies y Johnson, 1987 y Hernández, 2004), mientras otros asumen que debe considerarse también la homogeneidad de la vegetación (Society of American Foresters, 1958; Duerr *et al.*, 1979; Leuschner, 1984 y Putz, 1994). En los programas de manejo forestal revisados en el presente trabajo, difieren también los criterios usados por cada responsable técnico para definir los rodales o unidades básicas de manejo, e inclusive estos criterios suelen cambiar al paso del tiempo, originando cambios en la rodalización. Se encontró que, de las 25 unidades de manejo muestreadas en

Tabla 3. Cambios en la rodalización entre los programas de manejo forestal (PMF) para dos ciclos de corta consecutivos

Predio	PMF con anualidad 1995-96		PMF Posterior		Diferencia/U.M.	
	U.M.	Área (ha)	U.M.	Área (ha)	(ha)	(%)
P.P. L-6 Bajío de las Flores	PqII3	23,5	PqII3	20,0	-4	-15
P.P. L-6 Bajío de las Flores	PqIV3	56,5	PqIV3	58,2	2	3
Com. San Antonio, Topia	PqII2	28,0	26	66,0	38	136
Com. San Antonio, Topia	PqII2	16,0	.	.	na	na
Com. San Antonio, Topia	PqII3	38,3	.	.	na	na
P.P. El Castillito	4001	20,0	(15)14	11,5	-9	-43
P.P. El Castillito	201	10,0	(15)18	14,8	5	48
P.P. La Ciudad L-1	9010	17,0	.	.	na	na
P.P. La Ciudad L-1	1205	20,0	10701	28,5	9	43
P.P. Ibáñez L-4	603	17,0	603	27,1	10	59
P.P. Ibáñez L-4	604	10,2	604	23,0	13	125
P.P. Ibáñez L-4	604	11,0	604	5,2	-6	-53
P.P. Ibáñez L-5	601	8,8	601	8,8	0	0
P.P. Ibáñez L-5	602	15,0	602	18,0	3	20
P.P. Ibáñez L-5	603	1,0	603	6,0	5	500
P.P. Ibáñez L-5	606	10,0	606	10,0	0	0
Ejido Otinapa y San Carlos	901	74,5	901	74,5	0	0
Ejido Otinapa y San Carlos	1002	26,5	.	.	na	na
Ejido Otinapa y San Carlos	1103	32,5	1103	32,5	0	0
Ejido Regocijo	2034	12,0	16007	42,0	30	250
Ejido Regocijo	2034	33,0	.	.	na	na
Ejido Regocijo	2039	4,0	16001	25,0	21	525
Ejido Regocijo	2039	42,0	.	.	na	na
Ejido Regocijo	2041	23,0	16004	14,5	-9	-37
Ejido Regocijo	2048	22,0	14012	47,0	25	114

U.M. = Unidad básica de manejo; na = no aplicable, puesto que en los dos programas de manejo revisados no se encontró la U.M. correspondiente.

ocho predios, sólo cuatro unidades mantuvieron las mismas dimensiones; en 15 se aumentó o disminuyó la superficie entre un 3% y un 525%, y en los seis casos restantes ya no aparecieron las unidades anteriores o sus correspondientes en el PMF del ciclo de corta revisado (Tabla 3). Esta situación impidió realizar en todas las unidades muestreadas la evaluación propuesta en este trabajo y también dificulta conocer en el mediano y largo plazo los resultados del manejo forestal.

En la figura 3 se observa un ejemplo del cambio en la rodalización de un predio, entre un programa de manejo forestal de los años de 1990 y uno del año 2001. Estos cambios en la delimitación y extensión de las unidades de manejo de un ciclo de corta al siguiente, limitan drásticamente la posibilidad de dar el seguimiento requerido respecto a la sustentabilidad de las prácticas de manejo forestal, sin importar el sistema de planeación aplicado (Vanclay, 1996 y Gadow *et al.,* 2004). Esto significa que mientras persistan las condiciones encontradas en el presente análisis, es imposible conocer la respuesta del bosque a dichas prácticas.

Comparación del volumen en pie

Los resultados de la comparación del volumen en pie indican que existen diferencias tanto negativas (i. e. sobrestimaciones) como positivas (i. e. subestimaciones) en la estimación de este

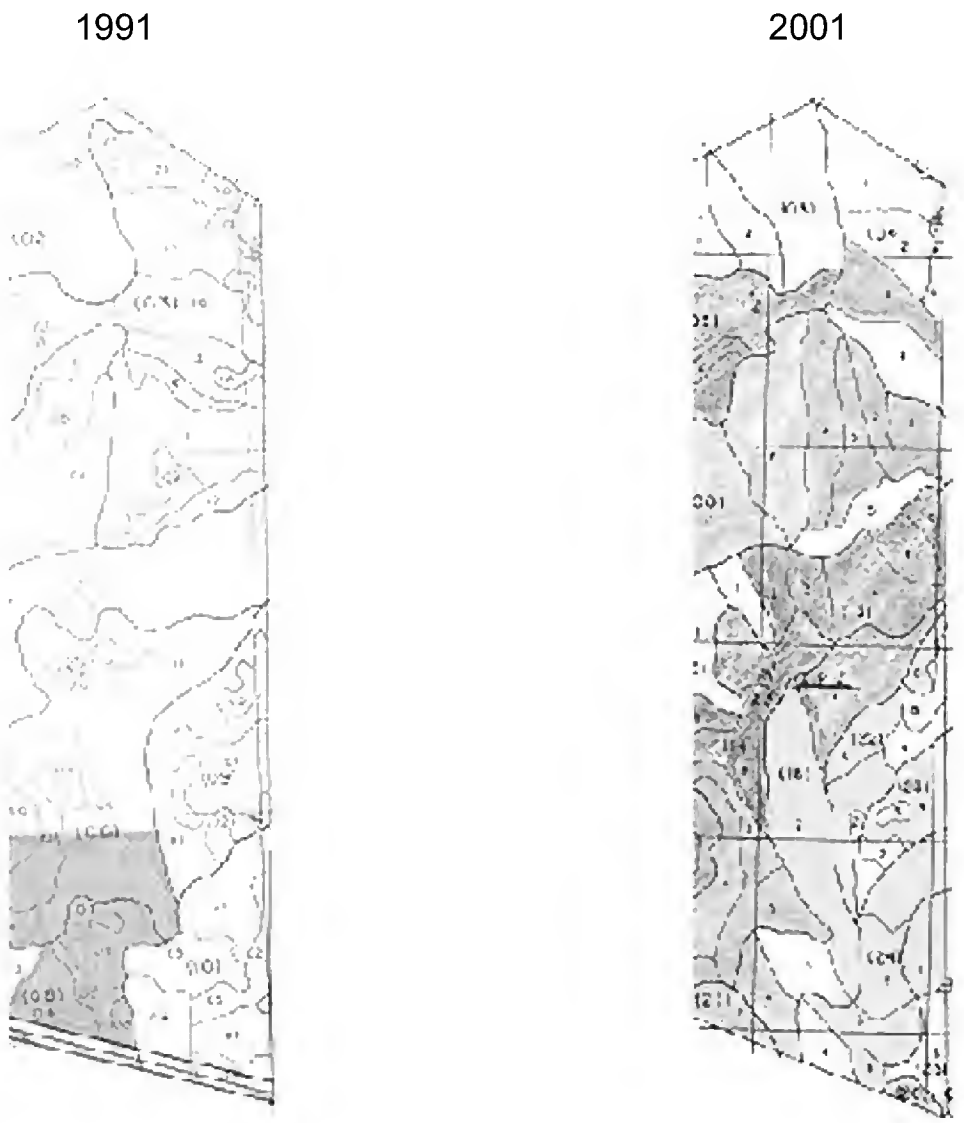


Figura 3. Ejemplo de una sección de un predio mostrando el cambio en la delimitación de los rodales y subrodales en dos ciclos de corta consecutivos

parámetro dasométrico. Las diferencias varían desde -51,2% hasta 331,4%. En 25 de las 46 unidades de manejo analizadas se encontraron diferencias significativas según el intervalo de confianza estimado a partir del muestreo de campo (Tabla 4).

Diferencias en volumen en el MMOBI

En seis de los 12 estratos evaluados se encontraron diferencias significativas en el cálculo de las existencias reales totales (ERT) de volumen de madera por hectárea (Tabla 4). En algunos estratos, por ejemplo en el llamado PqII3 del P.P. L-6 Bajío de las Flores, se reportaron ERT de 61,9 m^3rta/ha en los años de 1990, y según los antecedentes de manejo revisados en esta unidad de manejo se cortaron 10,6 m^3rta/ha, quedando un volumen residual de 51,3 m^3rta/ha. La estimación de las ERT en el muestreo del 2004 fue de 110,6 m^3rta/ha (± 27,5 m^3rta/ha), lo que implica que el volumen residual de esta unidad de manejo aumentó más del 100% en tan sólo nueve años. Dado el volumen residual de esta unidad de manejo y sabiendo que el incremento promedio en los bosques comerciales de Durango es del orden de un metro cúbico por hectárea por año (SEMARNAP, 2000), se asume que el incremento de más de 6,5 m^3rta/ha/año en esta unidad de manejo es simplemente una sobrestimación.

Las grandes diferencias en el cálculo del volumen en pie se deben entre otras causas a la gran extensión de los estratos, que cubrían entre 15 y más de 50 hectáreas, así como a la baja intensidad de muestreo utilizada en los estudios de los años de 1990. El tamaño de los estratos por un lado pudo haber causado que los sitios muestreados de uno y otro inventario se hayan establecido en comunidades vegetales muy distintas. Ya que aunque la definición de estrato considera condiciones de vegetación homogéneas, en campo se detecta que esta característica difícilmente se cumple y por otra parte las diferencias en el tamaño de las unidades de manejo suponen varianzas muy distintas en el cálculo del volumen.

Análisis de las diferencias en volumen en el MDS

En 19 de los 34 subrodales analizados en el MDS, se encontraron diferencias significativas entre las ERT reportadas en los estudios de los años de 1990 y las calculadas con los datos del muestreo de 2004 (Tabla 4). Al igual que en el MMOBI, una de las posibles causas de las grandes diferencias encontradas en las ERT/ha es el cambio en las delimitaciones y extensiones de las unidades de manejo, que se observaron en 2004 con relación a los años de 1990 (Tabla 3). Al comparar los planos de programas de manejo sucesivos para un mismo predio, se identificó que algunos rodales y subrodales se subdividieron y otros se modificaron en forma y extensión, afectando la estimación del volumen promedio por hectárea calculados en uno y otro inventario (Figura 3).

En siete de los 12 predios estudiados del MDS se analizó la metodología utilizada para realizar el inventario de manejo y se detectó que en dicho método silvícola se usaron sitios de dimensiones variables para calcular, con apoyo del relascopio, el área basal por hectárea, aplicando un factor de área basal (FAB) previamente determinado y generalizado para todo el predio, mediante el procedimiento estándar conocido en el medio forestal como "hectárea tipo". Los FAB más comunes utilizados para el pino en los estudios revisados fueron el 1 y el 2, y se observó que en ambos casos se asumió que la superficie promedio

Tabla 4. Comparación de volumen de pino en pie (ERT) entre los años 1990 y 2004

Predio	Unidad de manejo	ERT 90's (m^3rta/ha)	ERT 2004 (m3rta/ha)	Diferencias (%)	IC de las ERT 2004 (m^3rta/ha)
P.P. El Alamito	PqIII3	103,5	108	4,3	27,2
P.P. L-6 Bajio de las Flores	PqII3	61,9	110,6	78,6	27,5*
P.P. L-6 Bajio de las Flores	PqIV3	114,4	62,4	-45,4	8,9*
P.P. Fracc. Segregada P.R. Miravalles	PqII2	61,5	59,3	-3,6	11,6
P.P. Fracc. Segregada P.R. Miravalles	PqIII2	66,2	62,5	-5,6	12,9
P.P. Mitad SW L-11 Fracc P. Miravalles	PqII2	61,6	69,3	12,5	30,5
P.P. Mitad SW L-11 Fracc P. Miravalles	PqIII2	66,2	64,3	-2,8	25,2
P.P. Mitad SW L-11 Fracc P. Miravalles	PqIII3	79,1	46,7	-40,9	22,2*
P.P. Mitad SW L-11 Fracc P. Miravalles	PqIV2	93,8	46,5	-50,4	5,9*
Com. San Antonio, Topia	PqII2	82,7	145,8	76,3	40,1*
Com. San Antonio, Topia	PqIII2	102,5	177	72,7	60,0*
Com. San Antonio, Topia	PqIII3	172,2	193,7	12,5	58,2
Promedio		88,8	95,5	9	27,5
PP Bajíos de Don Victor L-7	1010	60,7	118,6	95,4	35,0*
PP Bajíos de Don Victor L-7	1012	73,2	95,5	30,5	58
PP Bajíos de Don Victor L-7	1015	55,8	60,7	8,8	14,3
PP Bajíos de Don Victor L-7	1019	49,7	72,6	46,1	28,5
PP Bajíos de Don Victor L-7	1101	66,2	43,9	-33,7	22,1*
PP Bajíos de Don Victor L-7	1108	69,3	52,2	-24,7	22,1
PP Bajíos de Don Victor L-7	1205	110,6	180	62,8	6,3*
PP El Castillito	201	46,8	94,8	102,5	30,0*
PP El Castillito	4001	78,9	100,5	27,4	27,2
PP La Ciudad L-1	9010	181,1	149,3	-17,6	39,1*
PP La Ciudad L-1	1205	108,5	113,4	4,5	45,1
Ejido El Encinal	1104	51,7	84,6	63,6	11,1*
Ejido El Encinal	1105	69	110,4	60	37,9*
PP Ibáñez L-4	603	163,3	230,3	41	48,4*
PP Ibáñez L-4	604	194,8	144,3	-25,9	47,6*
PP Ibáñez L-5	601	80	73,5	-8,2	23
PP Ibáñez L-5	602	80,8	105,1	30,1	29,4
PP Ibáñez L-5	603	119	228,9	92,4	74,0*
PP Ibáñez L-5	606	106	180,9	70,6	14,3*
Ejido Navajas	1505	29,8	36,6	22,8	6,3*
Ejido Navajas	1506	32,3	22,9	-29,1	5,8*

Tabla 4. Continúa

Predio	Unidad de manejo	ERT 90's (m^3rta/ha)	ERT 2004 (m3rta/ha)	Diferencias (%)	IC de las ERT 2004 (m^3rta/ha)
Ej. Otinapa y San Carlos	901	62,5	36,5	-41,7	5,0*
Ej. Otinapa y San Carlos	1002	53,9	29	-46,3	15,4
Ej. Otinapa y San Carlos	1103	66	56,6	-14,3	6,3*
Ejido Regocijo	2041	70,3	85,7	21,9	26,1
Ejido Regocijo	2048	77,2	75,5	-2,2	13,6
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	8401	58,9	78,4	33,1	37,4
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	8403	42	92,8	121	35,6*
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	8404	52	105,5	103	21,7*
Com. Santa Ma. Magdalena Taxicaringa	8405	87	81,9	-5,9	33,6
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	302	50,7	80,9	59,6	24,8*
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	304	27,3	117,8	331,4	99,4
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	305	84,8	41,4	-51,2	20,5*
NCPE La Victoria, Mpio. Dgo.	3010	68,7	68,3	-0,5	47,7
Promedio		59,5	69,5	34,2	28,1

* Indica una diferencia significativa entre las ERT/ha de los años 1990's y las encontradas en el año 2004 con · = 5%.IC = Intervalo de confianza al 95% para el promedio de las existencias reales totales de pino calculadas en 2004.

cubierta por cada sitio de muestreo de dimensiones variables era de 1 000 m^2, calculando así el número de sitios necesarios para lograr la intensidad de muestra que se haya prescrito en el área a estudiar.

Para corroborar la validez de los FAB utilizados en los PMF de los años de 1990, se verificó el diámetro promedio reportado para el género *Pinus* en siete predios y se determinó el FAB apropiado para lograr que cada sitio de dimensiones variables realmente cubriera un área aproximada de 1 000 m^2, de acuerdo con la tabla del radio máximo del sitio de dimensiones variables y representación del número de árboles para diferentes factores de área basal reportada por Cano (1988). Se encontró que, según el diámetro promedio del arbolado en los subrodales muestreados, los FAB utilizados en el inventario de los años de 1990, en todos los casos, fueron del doble de magnitud que los FAB apropiados para que cada sitio muestral cubriera 1 000 m^2 (Tabla 5).

El problema de usar un FAB mayor que el adecuado, es que el radio medio de cada sitio fue menor que 17,84 m, por lo que el área del sitio fue menor que los 1 000 m^2 asumidos. Por lo tanto, obteniendo la proporción entre el área supuesta y el área real cubierta por cada sitio, se calculó que la intensidad de muestreo que realmente se aplicó en los siete predios analizados, fue menor que la intensidad de muestra que se declaró en los programas revisados. Esta baja intensidad de muestreo, es sin duda, una causa de las grandes diferencias entre los volúmenes de madera de pino en pie reportados para la anualidad 1995-1996 y los volúmenes estimados en el muestreo de campo de 2004.

Tabla 5. Radio máximo de los sitios de dimensiones variables y representación del número de árboles para diferentes factores de área basal (FAB)

Diámetro medio (cm)	Radio en metros, de cada sitio con cada factor de área basal (FAB)				Número de árboles/ha que representa cada árbol en el sitio, según el FAB				AB/árbol
	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	
5	3,5	2,5	1,75	1,45	260	510	1020	1530	0,00196
10	7,0	5,0	3,50	2,90	64	128	256	584	0,00785
15	10,6	7,5	5,25	4,35	29	57	114	170	0,01767
20	14,4	10,0	7,00	5,80	16	32	64	96	0,03144
25	17,7	12,5	8,75	7,25	10	20	40	60	0,04908
30	21,2	15,0	10,50	8,70	7	14	28	42	0,07067
35	24,7	17,5	12,25	10,15	5	10	20	30	0,09622
40	28,2	20,0	14,00	11,60	4	8	16	24	0,12560
45	31,8	22,5	15,75	13,05	3	6	12	18	0,15904
50	35,4	25,0	17,50	14,50	2,5	5	10	15	0,19635
55	38,8	27,5	19,25	15,95	2	4	8	12	0,23758
60	42,4	30,0	21,00	17,40	1,5	3	6	10	0,28260

Fuente: Cano (1988).

Otra explicación de las diferencias en las ERT/ha, aplicable tanto a los predios manejados con el MMOBI como a los manejados con el MDS, es la posibilidad de que se cometan errores sistemáticos en la estimación de los datos de alturas y diámetros, pues las brigadas que toman los datos de campo durante los inventarios para manejo forestal, usualmente estiman los diámetros del arbolado en categorías de 5 cm en adelante y las categorías de alturas en clases superiores a los 5 m. Según Cano (1988), si a un árbol se le subestima o sobrestima su categoría de diámetro, el volumen de ese árbol puede estarse subestimando o sobrestimando hasta en un 44% y un 75%, respectivamente. En cuanto al efecto de subestimar o sobrestimar la altura del arbolado en una categoría, cuando estas varían de 5 en 5 metros, los errores en la estimación del volumen alcanzan desde una subestimación del 25% hasta una sobrestimación del 33%, dependiendo de las dimensiones y del coeficiente mórfico de los árboles de que se trate. Otros autores que han estudiado la influencia de la exactitud de los datos en la estimación del crecimiento del área basal y/o volumen, son McRoberts *et al.* (1994), Huang y Titus (1995) y Monserud y Sterba (1996). Estos autores señalan que el efecto de la estimación del diámetro puede ser muy importante, especialmente para especies de crecimiento lento, y coinciden en que errores entre el 0,3% y 1,25% en la estimación de diámetro real, pueden arrojar estimaciones del crecimiento en área basal con errores entre 4% y 18%.

CONCLUSIONES

De la revisión de los antecedentes a los que se tuvo acceso en archivos se concluye que, hasta el momento, para los predios estudiados no es posible efectuar un seguimiento cuantitativo del historial de las unidades básicas de manejo forestal, considerando que en los programas revisados no se mencionan los antecedentes de las prácticas de manejo efectuadas a este nivel, sino que solamente se citan las áreas de corta

que fueron programadas en el estudio anterior. En 11 de los 17 predios analizados se observaron cambios de sistema de planeación entre el ciclo de corta evaluado y el posterior. Estos cambios generalmente fueron acompañados de modificaciones en la forma y tamaño de la unidades de manejo. Los cambios en estas variables dificultaron la posibilidad de evaluar la sustentabilidad del manejo forestal, ya que con estas acciones no se permitió llevar a cabo con eficiencia el monitoreo, en el mediano y largo plazo, de los efectos del manejo sobre variables dasométricas, económicas y ecológicas.

Al comparar los volúmenes por hectárea estimados con el muestreo de campo del año 2004, con los volúmenes reportados en los programas de manejo elaborados en los años de 1990, en seis de los 12 estratos manejados con el MMOBI y en 19 de los 34 subrodales tratados con MDS, se encontraron diferencias significativas en su estimación. Las diferencias en volumen encontradas en el MMOBI se atribuyen entre otras causas a la extensión de los estratos, que cubrían entre 15 y más de 50 hectáreas, y a la baja intensidad de muestreo utilizada en los estudios de los años de 1990. En ambos métodos las diferencias en volumen se atribuyen además al cambio en la delimitación y extensión de las unidades de manejo, efectuado entre ciclos de corta. Aunque las brigadas responsables de la toma de datos de inventario también afectan la posible subestimación o sobrestimación sistemática de las categorías de diámetro y clases de altura del arbolado. Otra causa adicional, en el caso del MDS, es el uso de factores de área basal no apropiados, con los cuales se obtuvo una intensidad de muestreo que fue en realidad menor que la registrada en los programas de manejo revisados.

Para ayudar a resolver la problemática detectada y así contribuir al manejo forestal sustentable, es necesario conservar a largo plazo la misma delimitación de las unidades básicas de manejo, en particular los rodales, y mejorar los registros técnicos para lograr un seguimiento adecuado de estas unidades. En los informes finales de cada anualidad deben describirse las actividades y sucesos ocurridos en cada unidad básica, y al formular el siguiente programa de manejo forestal de cada predio, deben tomarse en cuenta estos informes e incluirlos como anexos. Para obtener resultados confiables al nivel de cada unidad de manejo, es recomendable utilizar en los inventarios sólo sitios de dimensiones fijas y decidir la intensidad de muestreo con base en la variabilidad de las características del arbolado por inventariar. Asimismo, es importante capacitar y supervisar al personal de campo, para reducir los errores de sub o sobrestimación.

RECONOCIMIENTOS

Al fondo de investigación CONAFOR-CONACYT por su apoyo al proyecto número 4666. A los responsables de servicios técnicos de los predios muestreados y la SEMARNAT de Durango, quienes aportaron información documental para realizar el trabajo.

REFERENCIAS

Cano C., J. 1988. El sistema de manejo regular en los bosques de México. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, México, 221 p.

Corral R., J., O. Aguirre C., J. Jiménez P. y S. Corral R. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 14(2):217-228.

Davies, L. S. y K. N. Johnson. 1987. Forest management. Third Edition. McGraw-Hill. 790 p.

Duerr, W. A., D. E. Teeguarden, N. B. Chritiansen y S. Guttenberg (Ed.). 1979. Forest resource management. Decision-making principles and cases. W. B. Saunders. 612 p.

Gadow, K. V., S. Sánchez y O. Aguirre C. 2004. Manejo forestal con bases científicas. Madera y Bosques 10(2):3-16.

González E., M. S., M. González E. y M. A. Márquez L. 2007. Vegetación y eco-regiones de Durango. Plaza y Valdés, México, 219 p.

Hernández D., J. C. 2004. Importancia de los rodales en el manejo forestal sustentable. Universale Forestum. Órgano informativo del ISIMA-UJED, año 3, núm. 1.

Huang, S. y S. J. Titus. 1995. An individual tree diameter increment model for white spruce in Alberta. Canadian Journal of Forest Research 25:1455-1465.

Leuschner, W. A. 1984. Introduction to forest resource management. John Wiley. 298 p.

Ludwig, K., P. Köhler y A. Huth. 2001. Sustainable timber harvesting in Venezuela: a modelling approach. Journal of Applied Ecology 38:756-770.

Mc Roberts, R. E., J. T. Hahn, G. J. Heftt y J. R. van Cleve. 1994. Variation in forest inventory field measurements. Canadian Journal of Forest Research 24:1766-1770.

Mendoza M., R. y R. Rodríguez C. 1959. Crítica de los conceptos edad, turno y diámetro mínimo de corta. Apéndice siete del Proyecto General de Ordenación Forestal de la U.I.E.F. Michoacana de Occidente, S. de R. L. 82 p.

Merril, W. y A. Fox. 1977. Introducción a la estadística económica. Amorrortu. Traducida del inglés por M. Kitaigorodzki, Argentina.

Monserud, R. A. y H. Sterba. 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management 80:57-80.

Pélissier, R., J. P. Pascal, F. Houllier y H. Laborde. 1998. Impact of selective logging on the dynamics of a low elevation dense moist evergreen forest in the Western Ghats (south India). Forest Ecology and Management 105:107-119.

Putz, F. E. 1994. Approaches to sustainable forest management. CIFOR, Working Paper núm. 4. 7 p.

SARH. 1994. Inventario forestal periódico del estado de Durango. P. 35-36.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT, 9.1.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute, Inc.

SEMARNAP y AMPF, A.C. 1998. Bases científicas para la elaboración de programas de manejo forestal en bosques de coníferas con fines de producción. Notas del Curso-Taller realizado en Metepec, Pue., México, 30 nov.-14 dic.

SEMARNAP-Durango. 2000. Diagnóstico de la actividad forestal de Durango y sus perspectivas. Documento interno de trabajo de la Subdelegación de Recursos Naturales de la SEMARNAP en Durango, 42 p, inédito.

Society of American Foresters. 1958. Forest terminology. 3a. ed., Washington, D. C.

Solís M., R., O. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado I. y J. Corral R. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. Madera y Bosques 12(2):49-64.

Thoms, Ch. A. y D. R. Betters. 1998. The potential for ecosystem management in Mexico's forest ejidos. Forest Ecology and Management 103:149-157.

Torres R., J. M. 1999. Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el Método de Ordenación de Montes. Doc. de trabajo núm. 149. CIDE. 23 p.

Vanclay, J. K. 1996. Estimating sustainable timber production from tropical forests. CIFOR Working Paper No. 11. Estimating AAC in the Tropics.

Velázquez, A., G. Bocco y A. Torres. 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: The case of Comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. Environmental Management 27(5):655-665.

Manuscrito recibido el 9 de enero del 2007
Aceptado el 24 de enero del 2008

Este documento se debe citar como:
Hernández-Díaz, J. C., J. J. Corral-Rivas, A. Quiñones-Chávez, J. R. Bacon-Sobbe y B. Vargas-Larreta. 2008. Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. Madera y Bosques 14(3):25-41.

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México

Some anatomical and technological characteristics of 24 *Quercus* wood species (oaks) of Mexico

Carmen de la Paz Pérez-Olvera[1] y Raymundo Dávalos-Sotelo[2]

RESUMEN

Se presentan las características anatómicas, físicas y mecánicas de la madera de 24 especies de *Quercus* de la sección Lobatae (encinos rojos) y de la sección Quercus (encinos blancos) recolectadas en varios estados de la República Mexicana. Se muestreó de uno a cinco ejemplares por especie en bosques de pino-encino. Para el estudio anatómico macroscópico se elaboraron tablillas de 12 x 7 x 1 cm y para el microscópico se hicieron laminillas fijas de cortes y de material disociado. Para los estudios físicos y mecánicos se prepararon probetas de diferentes dimensiones de acuerdo con los métodos de prueba de la ASTM. Todo el material se obtuvo en los planos: transversal, tangencial y radial. A los elementos mensurables se les hizo un análisis estadístico univariado y se clasificaron conforme a la media. Los ensayos se hicieron en probetas saturadas (condición verde). Con base en bibliografía se incluyen otras características tecnológicas de la madera. De acuerdo con los resultados obtenidos se sugieren usos.

PALABRAS CLAVE:
Características anatómicas, características físico-mecánicas, madera, México, *Quercus*.

ABSTRACT

The anatomical, physical and mechanical characteristics of 24 *Quercus* species of the Lobatae section (red oaks) and of the Quercus section (white oaks) collected in several states of the Mexican Republic are presented. The sample consisted of one to five specimens per species growing in pine-oak forests. For the macroscopic anatomical study 12 x 7 x 1 cm specimens were used and slides with views of the different planes as well as the dissociated material were made for the microscopic study. For the physical and mechanical studies, specimens of different sizes were made, according to ASTM standards. All the material was prepared in the different planes: transverse, tangential and radial. Descriptive statistics were calculated for each variable measured and the different properties were classified into categories according to their mean values. Tests were made with small clear green specimens. Based on bibliography, information on other characteristics is included. According to the results obtained, end uses for the woods are suggested.

KEYWORDS:
Anatomical characteristics, physical-mechanical characteristics, Mexico, *Quercus,* wood.

1 Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Biología. Av. San Rafael Atlixco 186. Col Vicentina, Iztapalapa. AP 55-535. CP 09340. México D.F. Correo electrónico: cppo@xanum.uam.mx

2 Instituto de Ecología, A. C. km. 2.5 carretera antigua a Coatepec núm. 351, Congregación "El Haya", Xalapa, Ver. CP 91070. Correo electrónico: raymundo.davalos@inecol.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En México, entre los recursos forestales maderables más abundantes están los encinos, representados principalmente por las especies de la sección Lobatae o encinos rojos y de la sección Quercus o encinos blancos, distribuidas ampliamente en las zonas montañosas de la República Mexicana (Figura 1); los encinos rojos con 46 especies arbóreas y los encinos blancos con 39 (McVaugh, 1974 y Aguilar *et al.*, 1999). La madera de ambas secciones presenta cualidades distintivas que deben considerarse en su industrialización para evitar desperdicios al hacer mezclas inapropiadas (De la Paz Pérez y Aguilar, 1978 y De la Paz Pérez, 1985).

La distribución de algunas especies es amplia como en el caso de *Q. affinis*, *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. coccolobifolia*, *Q. crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. sideroxyla*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa* y *Q. rugosa*, la cual abarca la mayoría de los estados de la República; otras son de distribución restringida como *Q. crispipilis*, *Q. durifolia*, *Q. eugeniaefolia*, *Q. ghiesbreghtii*, *Q. skinneri*, *Q. uxoris*, *Q. xalapensis*, *Q. convallata*, *Q. excelsa*, *Q. laeta* y *Q. potosina*. El mayor número de especies se distribuye en el eje Neovolcánico en los estados de Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Puebla y Veracruz (Figura 1), en altitudes de (800) 1350 a 2700 (3000) msnm (Martínez, 1985; Rzedowski, 1978 y Zavala, 1995).

El conjunto de las características anatómicas tiene influencia en el comportamiento de la madera, pero en la madera de encino, la anchura y altura de los radios multiseriados, el tipo de porosidad, la abundancia y el grosor de las paredes de las fibras, el diámetro de los poros y tipo y abundancia de los contenidos celulares son los caracteres anatómicos que tienen mayor influencia en sus propiedades (Kollman y Coté Jr., 1968; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; Desch, 1974; Wangaard, 1981 y De la Paz Pérez, 1985; 2000). En México se han efectuado un gran número de trabajos sobre los encinos mexicanos, cuyos resultados se presentan de manera resumida en el estudio de De la Paz Pérez (2000), quien indica que para esa fecha se habían estudiado las características anatómicas de 46 especies, en diferentes estados de la República, principalmente Michoacán, Veracruz y Guerrero. Las especies más estudiadas son *Q. candicans*, *Q. castanea* y *Q. crasssifolia*. El número de especies estudiadas en aspectos físicos y mecánicos es menor, pero la mayoría de los autores coincide en que los encinos tienen excelentes características mecánicas, aunque sufren de altas contracciones, las que pueden controlarse con procesos de secado adecuados. Un trabajo más reciente presenta las características anatómicas de ocho especies del estado de Oaxaca (De la Paz Pérez *et al.*, 2006).

En los procesos de transformación deben considerarse cuando menos las características que presentan las especies de cada sección para evitar desperdicios. Una división natural en su industrialización es la separación en blancos y rojos, ya que al mezclarlos, se produce un alto desperdicio de los primeros (Bejar, 1982 y Zavala, 2003), en detrimento del recurso.

El uso adecuado de los recursos naturales, entre ellos el forestal maderable, se traduce en una fuente de riqueza para el país que sepa utilizarlos. La explotación silvícola no debe ni puede estar basada en la tala despiadada ni en las vedas totales, debe explotarse racional e íntegramente, de manera sustentable, en beneficio del sistema ecológico, de los dueños del recurso y de la economía nacional.

OBJETIVOS

Presentar la información de las características anatómicas, físicas y

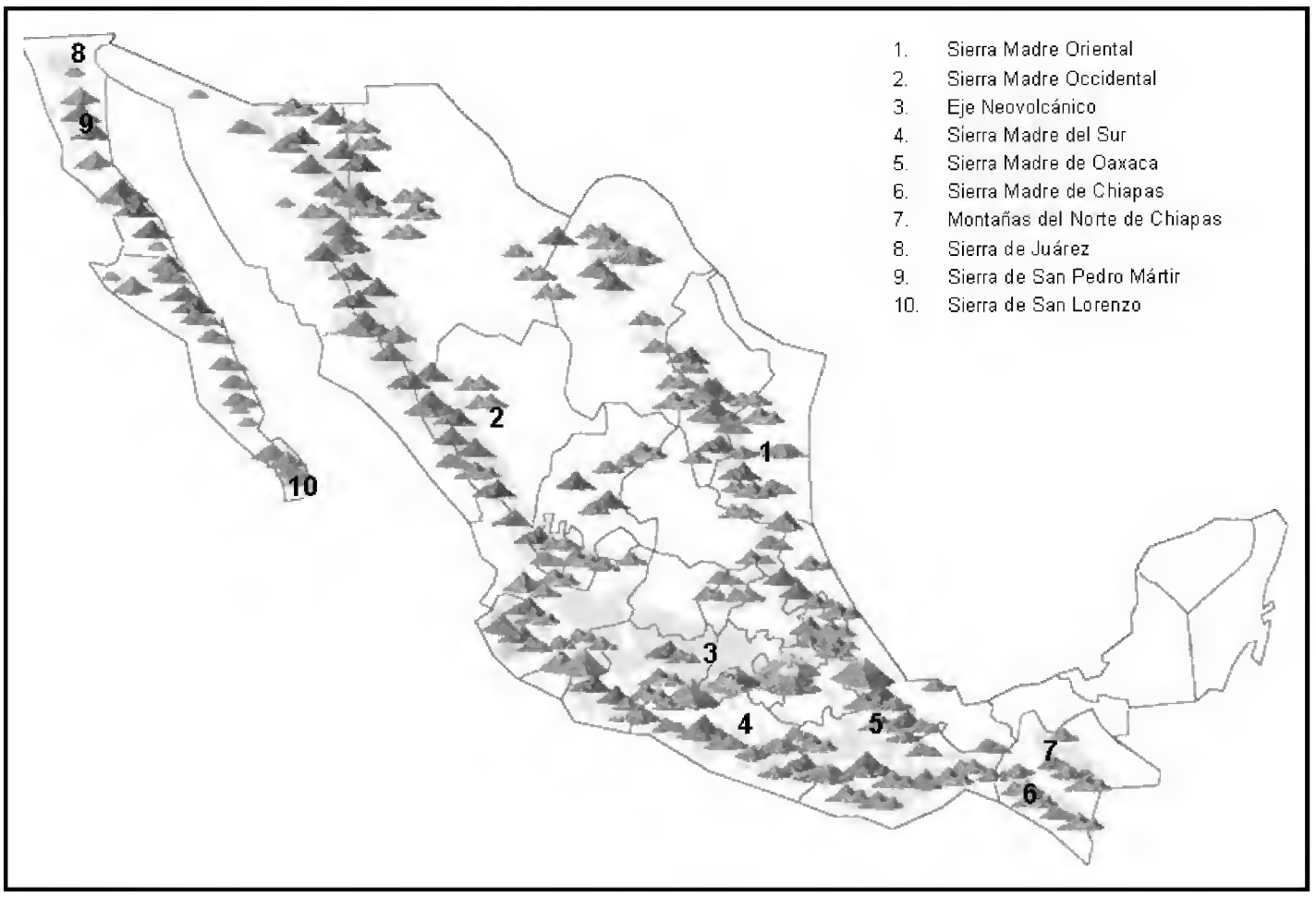


Figura 1. Regiones fisiográficas de la República Mexicana donde se presentan encinos

mecánicas de la madera de 24 especies de *Quercus*: 16 de la sección Lobatae (encinos rojos) y 8 de la sección Quercus (encinos blancos), recolectadas en varios estados de la República Mexicana.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies se recolectaron en bosques de pino-encino de los estados de: Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Puebla y Veracruz; se estudiaron de uno a cinco ejemplares recolectados en diferentes sitios (Anexo 1). De cada árbol se obtuvieron, de base a copa, cuatro trozas de 1,20 m de longitud. De la primera se obtuvo el material para el estudio anatómico y de las otras tres, el material para los ensayos físicos y mecánicos.

De la troza para anatomía, para el estudio microscópico, a la altura de 1,20 m se cortaron dos rodajas de 1 cm de grosor en las que se muestrearon cubos de 1 x 1 x 1 cm. Los cubos se ablandaron en agua destilada a ebullición cinco horas diarias durante ocho días para las especies rojas y durante 12 días para las especies blancas.

De ellos se obtuvieron cortes de 15 a 20 µm de grosor, en los planos transversal, tangencial y radial. Los cortes se tiñeron con verde yodo, se deshidrataron en alcoholes graduados y se montaron con resina sintética de acuerdo con Johansen (1940) y Sandoval (2005).

De los cubos se cortaron pequeñas astillas para hacer preparaciones de material disociado. Las astillas se colocaron en

tubos de ensayo agregándoles una solución a partes iguales de ácido acético, ácido láctico, ácido nítrico y glicerina y se flamearon en pequeños intervalos durante 10 horas. El material se tiñó con safranina y se montó con gelatina glicerinada.

A los elementos mensurables se les hizo un análisis estadístico univariado y se clasificaron con base en la media de acuerdo con Chattaway (1932) y IAWA Committee (1937, 1939). Las descripciones microscópicas se hicieron de acuerdo con IAWA Committee (1964, 1989). Para el estudio de los radios también se consideró a Kribs (1968), mientras que para los cristales a Chattaway (1955, 1956). Se incluye el valor de la media para la longitud de los vasos, altura y anchura de los radios y longitud, diámetro y grosor de la pared de las fibras (Tabla 1).

Del resto de la troza se obtuvieron tablillas de 15 x 7 x 1 cm que se utilizaron para describir las características macroscópicas, las cuales se determinaron usando las tablas de clasificación de Tortorelli (1956) y para el color las tablas de Munsell Color

Tabla 1. Valores anatómicos

ESPECIES	VASOS	RADIOS MULTISERIADOS		FIBRAS		
	longitud µm	altura cm	anchura µm	longitud µm	diámetro µm	grosor µm
ENCINOS ROJOS						
Q. acutifolia	400-591	1,3-2,5	208-385	2092	10	9
Q. affinis	455-625	0,9-1,5	250-300	1146-1364	10	9
Q. candicans	400-585	0,8-3,0	351-482	1536-1773	6-8	9
Q. castanea	425-650	1,0-3,0	320-470	1215-1535	4-7	9
Q. coccolobifolia	390	1,8	470	1111	7	7
Q. conspersa	455	1,3	312	1256	8	7
Q. crassifolia	423-580	0,7-1,5	242-479	1066-1689	5-8	5-8
Q. crispipilis	615	2,0	242	1633	10	7
Q. durifolia	520	2,5	362	1538	7	6
Q. eugeniaefolia	432	2,3	192	1140	10	6
Q. laurina	442-632	1,5-2,0	280-457	1186-1548	8	5-8
Q. mexicana	360	2,0	240	1168	6	4
Q. scytophylla	500	1,5	341	1740	5	9
Q. sideroxyla	455-565	2,0-2,5	386-455	1392-1462	9	7
Q. skinneri	500	1,7	300	1603	5	9
Q. uxoris	455	1,5	220-468	1165-1530	9-12	7
ENCINOS BLANCOS						
Q. convallata	518	2,0	952	1575	5	7
Q. excelsa	465	1,5	400	1675	6	8
Q. glabrescens	488-520	1,8-2,0	234-553	1081-1312	5-10	7-10
Q. laeta	585	2,5	600	1692	7	8
Q. obtusata	400-562	3,0	846-971	1479-1536	4-5	8-9
Q. potosina	405	5,0	793	1227	5	6
Q. resinosa	480	1,5	522	1623	7	9
Q. rugosa	522	3,0	522	1707	5	9

(1990). Para cada especie se describió: el color, el olor, el sabor, el brillo, el veteado, la textura, el hilo y la visibilidad de los elementos celulares.

De las trozas restantes se obtuvieron tablones tangenciales y radiales de 0,03 x 0,12 x 1,20 m de las que se elaboraron probetas para los ensayos de contracción y prismas de 0,06 X 0,06 x 1,20 m de los que se manufacturaron las probetas para los ensayos mecánicos. Todos los ensayos se hicieron en probetas saturadas (condición verde) de diferentes tamaños. De cada probeta se obtuvieron muestras para determinar la densidad básica o relativa. Los ensayos se hicieron de acuerdo a la American Society for Testing and Materials (1993) (norma ASTM D-143).

De cada propiedad se hizo un análisis estadístico univariado y los valores se clasificaron con base en los siguientes criterios: las características anatómicas de acuerdo con IAWA (1937, 1939), Chattaway (1932) y Tortorelli (1956); las propiedades físicas de acuerdo con Torelli (1982) y Echenique *et al.* (1975) y las propiedades mecánicas de acuerdo con Dávalos y Bárcenas (1998) y Dávalos *et al.* (2001). Los ensayos mecánicos se realizaron en una máquina universal Baldwin (Satec System) de 180 toneladas. Se presenta el valor de la media para los valores físicos de la densidad relativa, contracción volumétrica y coeficiente de anisotropía (Tabla 2) y los valores de la media para los ensayos mecánicos de dureza lateral y extremos, flexión (MOR y MOE), compresión paralela (EMÁX) y perpendicular (ELP) y cortante paralelo a la fibra (EMÁX) (Tabla 3).

Para cada especie se presentan los resultados en forma de fichas que recopilan la información de manera resumida, incluyendo su distribución geográfica y altitudinal en México, los nombres comunes, las características anatómicas, físicas y mecánicas. Se ilustra con un mapa de su distribución en la República, una fotografía del ejemplar de herbario, una de la tablilla tangencial donde se aprecia el color, veteado, textura e hilo, altura y anchura de los radios multiseriados, una del corte transversal a 10x donde se observa el tipo de porosidad, diámetro tangencial de los poros, la anchura y el número de series de los radios multiseriados, la distribución y abundancia del parénquima axial y de las fibras y presencia o ausencia de los contenidos celulares: tílides y cristales; por último, una del corte tangencial a 10x donde se observan las características de los radios uniseriados y de los multiseriados: su abundancia, su anchura, su altura y el número de series, la longitud de los elementos vasculares y la presencia o ausencia de los contenidos celulares.

En el texto del artículo se dan otras características tecnológicas con base en la bibliografía (Kukachka, 1956; Rendle, 1969a, b; 1970; Kollman y Coté Jr., 1968; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; Desch, 1974; Dinwoodie, 1975; Wangaard, 1981; Martínez y Martínez-Pinillos, 1996; Martínez-Pinillos y Martínez (1996); Ordóñez *et al.*, 1998; De la Paz Pérez, 2000 y Bárcenas *et al.*, 2007).

Las muestras de madera se registraron en la Xiloteca UAMIZ de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y en la Xiloteca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y los ejemplares de respaldo se depositaron en el Herbario Metropolitano UAMIZ "Dr. Ramón Riba y Nava" y el del INIFAP "Biól. Luciano Vela Gálvez". Las especies se organizaron en secciones de acuerdo con Nixon (1993), pero se mantiene la nomenclatura de encinos rojos (Subgénero *Erythrobalanus*) y encinos blancos (*Leucobalanus*) de acuerdo con Trelease (1924), Martínez (1985) y Zavala (1995).

Tabla 2. Valores físicos

ESPECIES	densidad básica	contracción volumétrica %	coeficiente de anisotropía
ENCINOS ROJOS			
Q. acutifolia	0,667	20,01	2,79
Q. affinis	0,579	15,34	2,36
Q. candicans	0,639	17,39	2,58
Q. castanea	0,684	17,60	2,23
Q. coccolobifolia	0,607	20,09	2,54
Q. conspersa	0,687	18,24	2,24
Q. crassifolia	0,660	18,20	2,15
Q. crispipilis	0,664	22,42	2,42
Q. durifolia	0,679	19,23	2,33
Q. eugeniaefolia	0,591	15,21	2,95
Q. laurina	0,652	18,48	2,63
Q. mexicana	0,613	18,16	2,03
Q. scytophylla	0,637	19,71	2,66
Q. sideroxyla	0,614	16,66	2,80
Q. skinneri	0,662	16,37	2,08
Q. uxoris	0,616	18,37	2,64
ENCINOS BLANCOS			
Q. convallata	0,712	19,51	2,45
Q. excelsa	0,715	19,26	2,41
Q. glabrescens	0,640	20,13	2,09
Q. laeta	0,746	21,44	2,44
Q. obtusata	0,756	20,13	2,31
Q. potosina	0,767	22,51	2,67
Q. resinosa	0,762	18,65	2,28
Q. rugosa	0,688	18,92	2,35

Tabla 3. Valores mecánicos

	Dureza (N)		Flexión (MPa)		Compresión (MPa)		Cortante (MPa)
ESPECIES	lateral	extremos	MOR	MOE	paralela	perpendicular	EMAX
					EMAX	ELP	
ENCINOS ROJOS							
Q. acutifolia	7230	6220	71,7	14951	33,3	8,4	9,0
Q. affinis	4570	4740	40,9	7846	22,0	9,7	10,4
Q. candicans	5740	5830	60,1	11492	29,0	6,2	8,8
Q. castanea	7040	7380	66,2	11555	34,8	9,1	10,6
Q. coccolobifolia	5150	5620	65,2	9902	28,3	6,7	9,4
Q. conspersa	7880	7010	77,4	16516	44,0	8,8	9,9
Q. crassifolia	7080	6190	66,2	11784	34,7	9,3	10,3
Q. crispipilis	6310	5990	63,7	14985	33,1	6,9	8,0
Q. durifolia	8620	9420	85,2	12493	35,6	11,4	11,4
Q. eugeniaefolia	4570	5160	63,3	12239	24,7	7,0	9,0
Q. laurina	6740	6620	73,6	14620	37,9	8,6	10,1
Q. mexicana	6070	6030	73,5	12730	22,4	8,5	10,0
Q. scytophylla	7160	7100	72,6	12718	36,9	7,9	9,2
Q. sideroxyla	5270	5660	66,0	10005	28,8	8,8	9,4
Q. skinneri	6290	6860	70,8	11482	34,8	6,7	10,5
Q. uxoris	6290	6030	72,0	12870	30,6	6,8	9,4
ENCINOS BLANCOS							
Q. convallata	7330	8010	79,6	11609	31,2	16,0	11,4
Q. excelsa	7520	7450	85,1	15103	38,6	13,8	9,8
Q. glabrescens	5820	5810	73,4	110348	34,6	9,8	10,7
Q. laeta	8130	8880	84,3	12159	34,7	10,7	11,9
Q. obtusata	8910	8960	79,9	142635	40,9	10,9	11,2
Q. potosina	8650	9450	86,6	12502	35,7	11,4	12,3
Q. resinosa	8520	9310	81,6	11570	35,7	11,2	12,2
Q. rugosa	5940	5740	66,2	13013	33,5	9,1	9,0

RESULTADOS

Características de las especies

Sección Lobatae (Subgénero Erythrobalanus o encinos rojos)

1. *Quercus acutifolia* Née

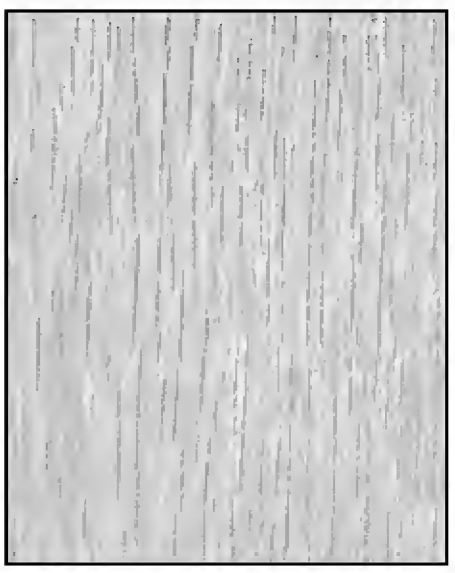
Distribución
Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, México, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

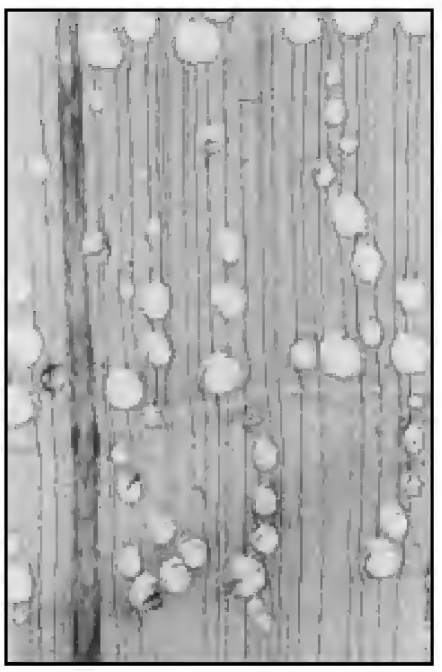
Altitud
1500-2600 msnm

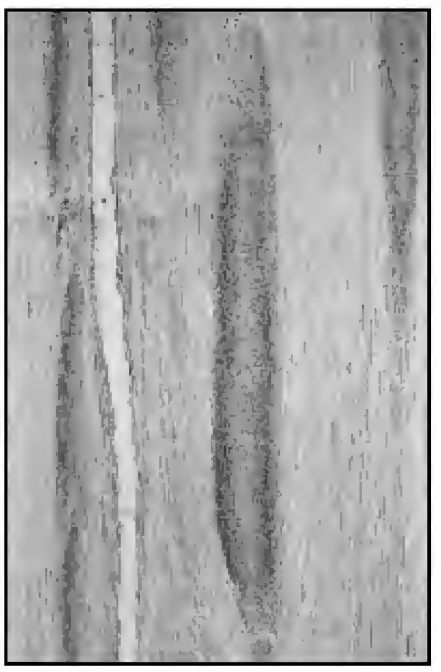
Nombres comunes
Encino saucillo, encino blanco, encino laurelillo, encino teposcohuite.

Características anatómicas
Madera castaño muy pálido a castaño rojizo claro con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y anchos a muy anchos, la mayoría de 10 a 20 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, de dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.







2. *Quercus affinis* Scheid.

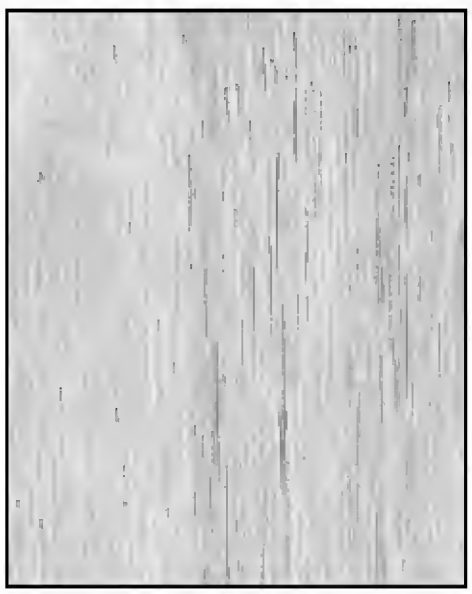
Distribución
Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

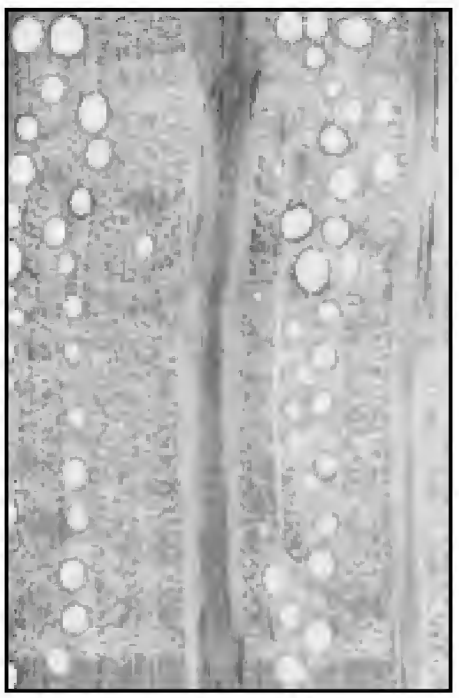
Altitud
1300-2360 msnm

Nombres comunes
Encino, encino laurelillo, encino roble, encino manzanillo, encino de hoja delgada, titzmol, shishihuilón.

Características anatómicas
Madera castaño muy pálido con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 2 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 a 16 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, de moderadamente dura a muy dura, flexible, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





3. *Quercus candicans* Née

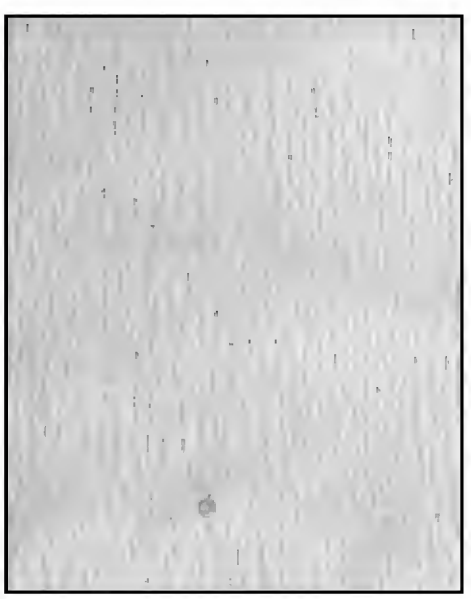
Distribución
Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

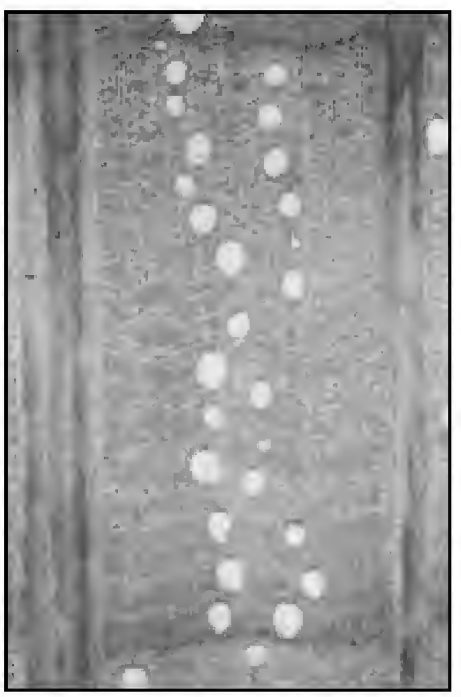
Altitud
1600-2500 msnm

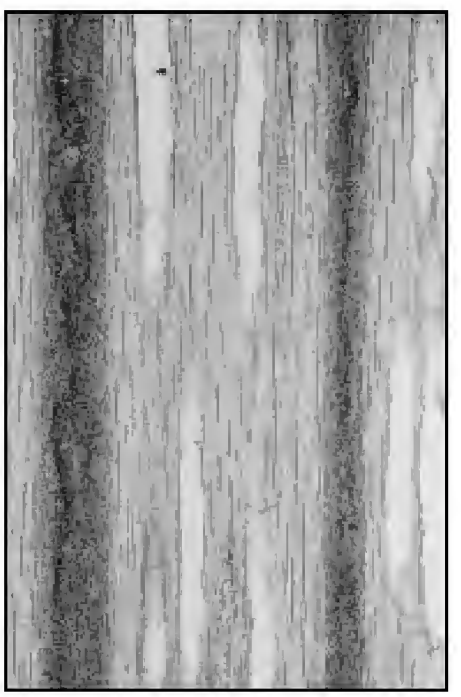
Nombres comunes
Encino de asta, encino blanco, ahuamextli.

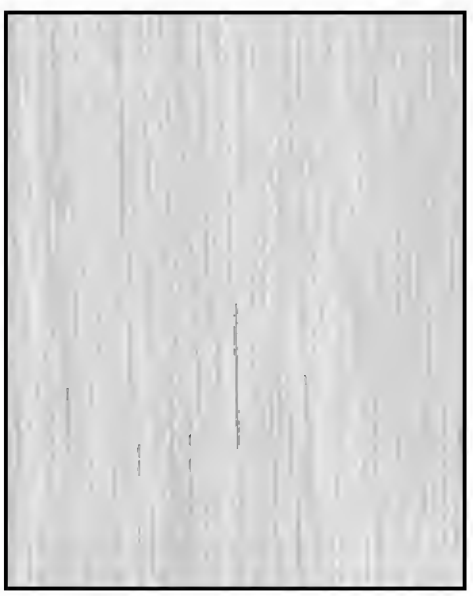
Características anatómicas
Albura blanco rosado, rosa, gris rosado o castaño rojizo claro y duramen rosa o rojizo claro con radios multiseriados castaño rojizo claro u oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 20 a 25 series. Fibras medianas o largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, dura a muy dura, moderadamente flexible a rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y moderadamente resistente a resistente al cortante paralelo.









4. *Quercus castanea* Née

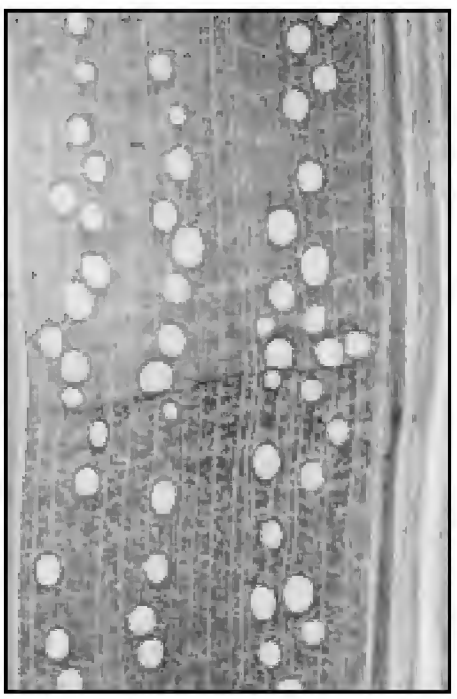
Distribución
Sonora, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

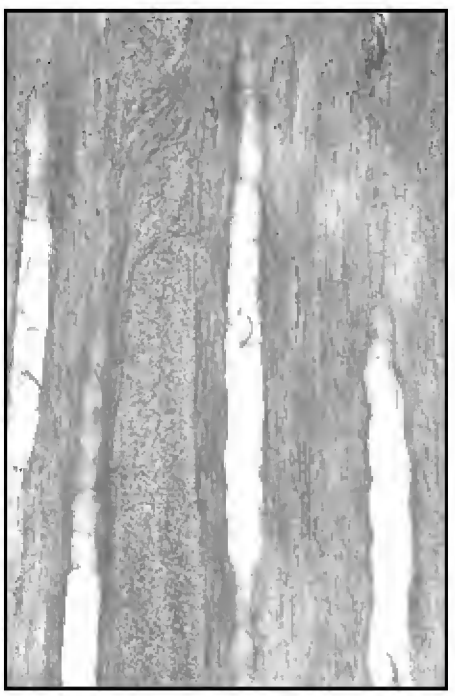
Altitud
(800) 1500-2200 (2800) msnm

Nombres comunes
Encino, roble, encino roble, encino pipitillo, teposcohuite chino, encino chaparro, aguacatillo, encino blanco, encino negro, encino prieto, encino amarillo, encino rojo, palo colorado, encino de agua, papacla, tenexahuatl, encino quimishahuate grande, encino mazacuate.

Características anatómicas
Albura blanco rosado o castaño muy pálido y duramen rojo pálido o castaño rojizo claro con radios multiseriados rosa a castaño rojizo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos a muy altos y muy anchos a extremadamente anchos, la mayoría de 17 a 23 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas o abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, de dura a muy dura, moderadamente flexible a rígida, de moderadamente resistente a muy resistente a la compresión paralela, resistente a muy resistente a la compresión perpendicular y resistente a muy resistente al cortante paralelo.





5. *Quercus coccolobifolia* Trel.

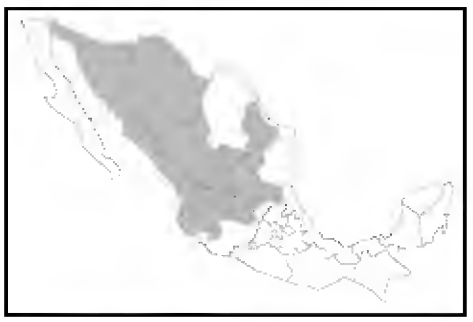
Distribución
Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato.

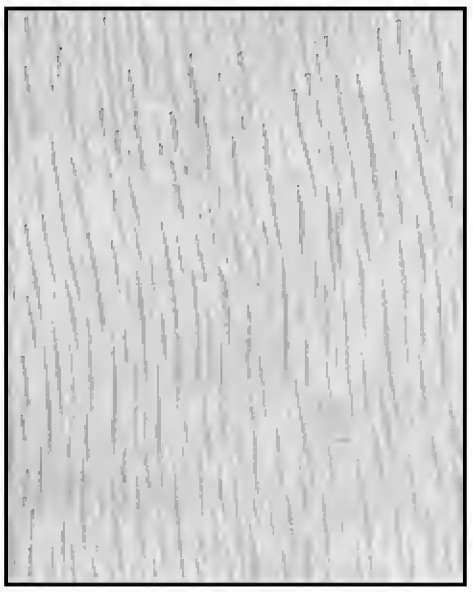
Altitud
1750-2500 msnm

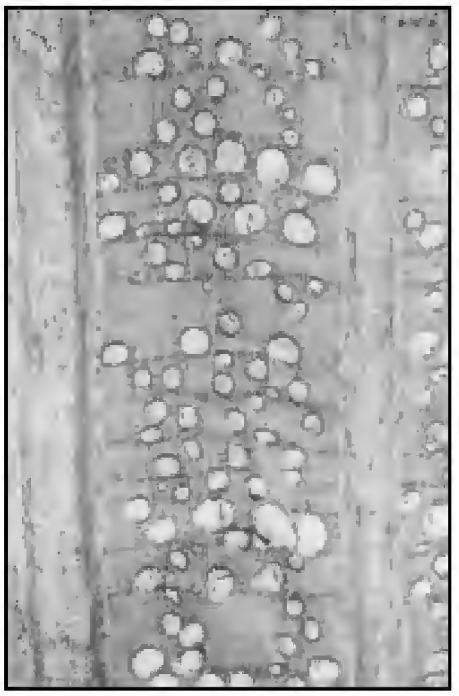
Nombres comunes
Encino, encino roble, encino verde.

Características anatómicas
Albura rosa y duramen rojo pálido o castaño rojizo claro con radios multiseriados rojo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 27 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, moderadamente resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







6. *Quercus conspersa* Benth.

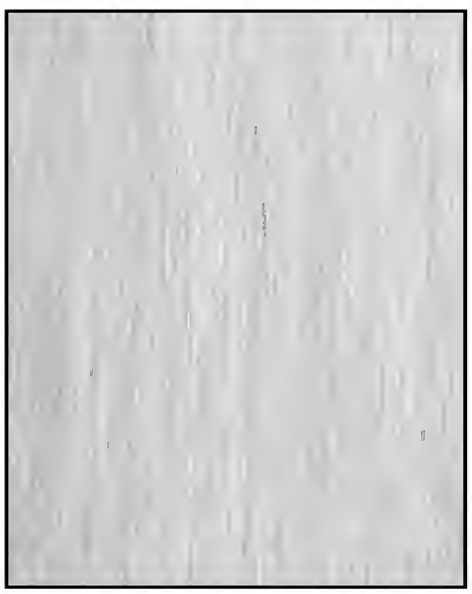
Distribución
Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, México, Morelos, Puebla y Veracruz.

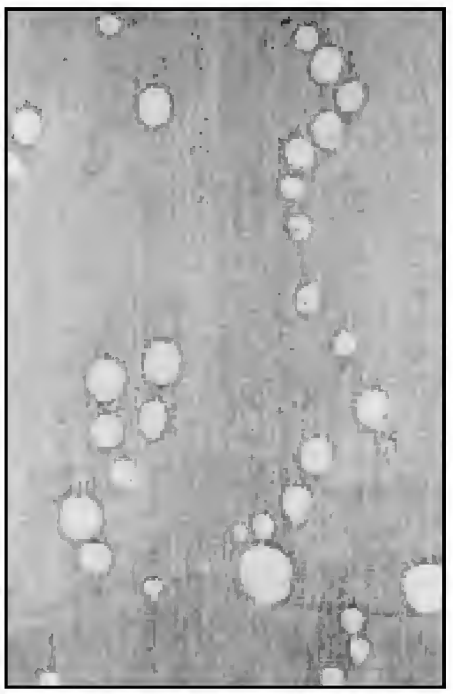
Altitud
1200-1800 msnm

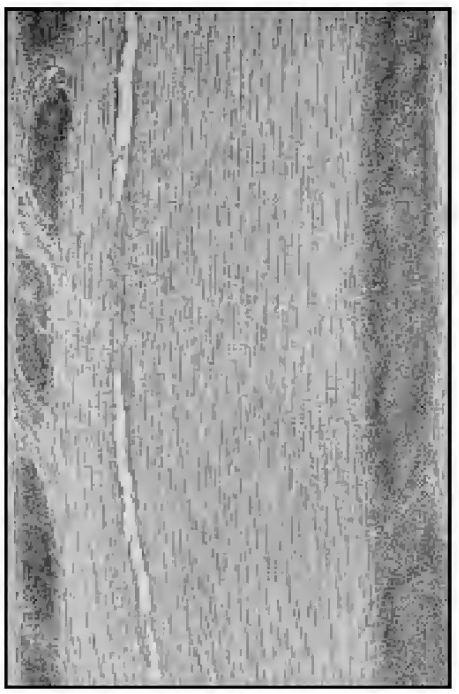
Nombres comunes
Encino roble amarillo, encino rojo, encino colorado, encino blanco, pipitillo, encino cáscara, teposcohuite.

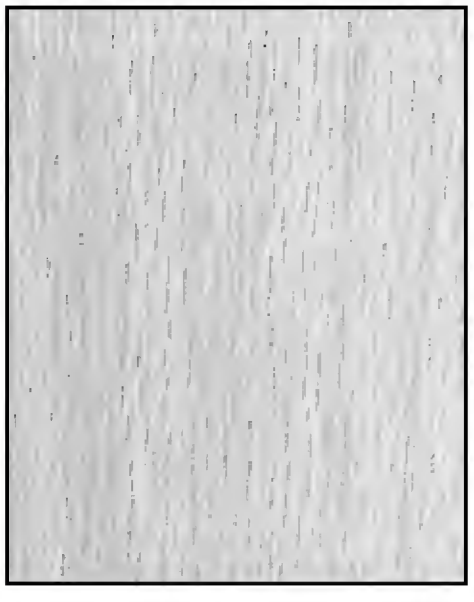
Características anatómicas
Albura castaño muy pálido y duramen rosa con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 6 a 7 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 16 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.









7. *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.

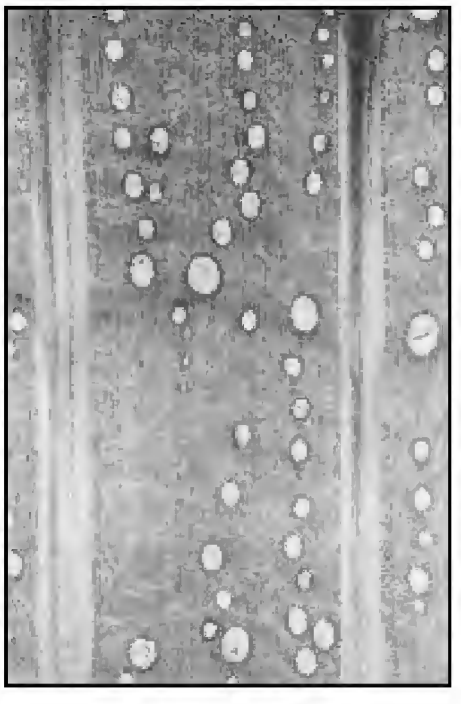
Distribución
Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Altitud
1800-2800 msnm

Nombres comunes
Encino, chicharrón, encino roble, encino hoja ancha, encino blanco, encino colorado, encino prieto, jicarillo, encino hojarasca.

Características anatómicas
Madera de castaño pálido a rosa a castaño rojizo claro con radios multiseriados castaño oscuro, gris oscuro o rojos. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2.5 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos a extremadamente anchos de 13 a 25 series. Fibras medianas o largas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con pocas tílides y parénquima con escasos cristales romboidales y escasas drusas.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



8. *Quercus crispipilis* Trel.

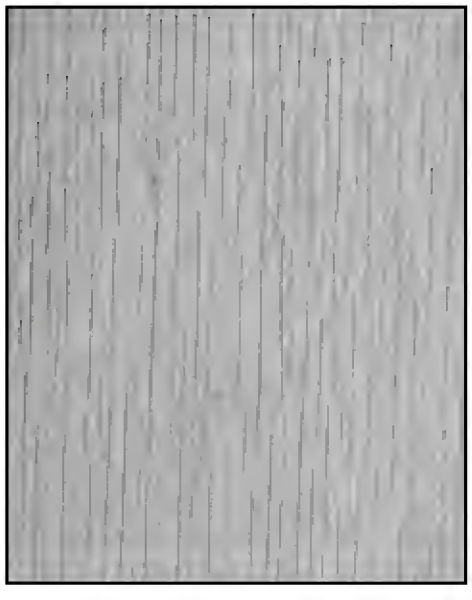
Distribución
Chiapas.

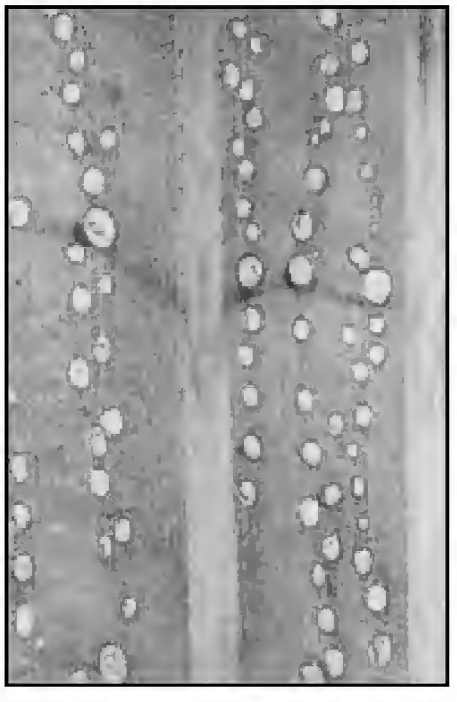
Altitud
2120-2500 msnm

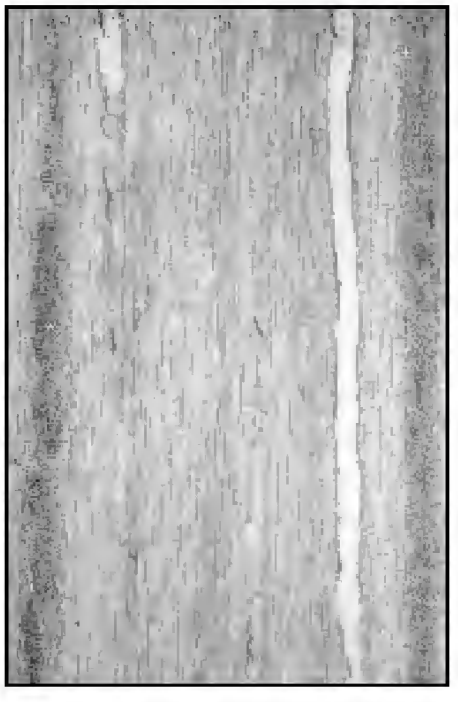
Nombres comunes
Encino, chiquinib.

Características anatómicas
Albura castaño muy pálido y duramen rosa con radios multiseriados castaño rojizo. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 3 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y moderadamente resistente al cortante paralelo.







9. *Quercus durifolia* von Seem

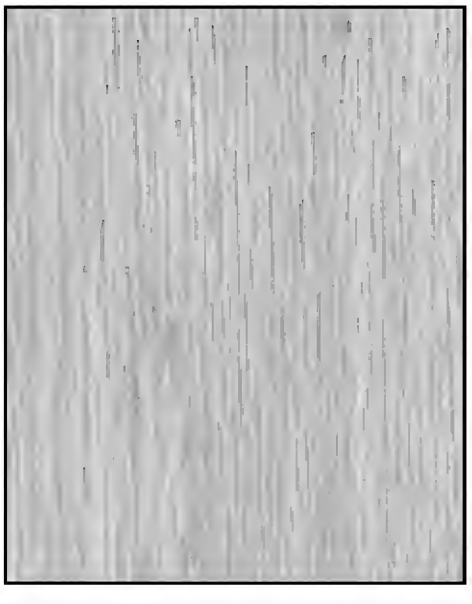
Distribución
Chihuahua, Nuevo León y Durango.

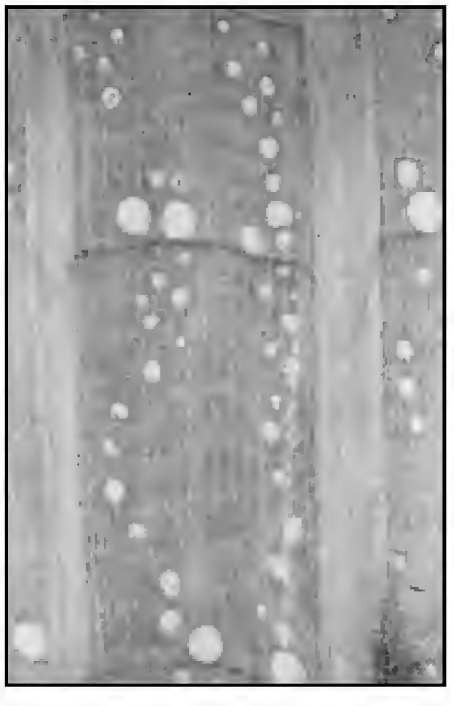
Altitud
1800-2800 msnm

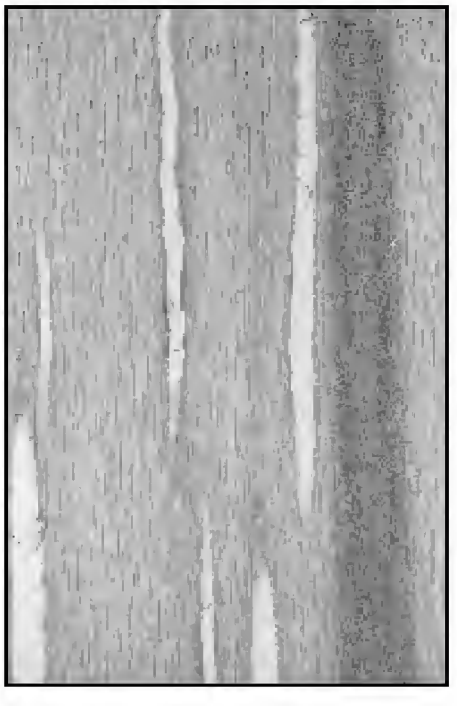
Nombres comunes
Encino colorado, encino laurelillo.

Características anatómicas
Albura rosa y duramen castaño rojizo claro con radios multiseriados rojo claro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 4.5 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y muy anchos, la mayoría de 19 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







10. *Quercus eugeniaefolia* Liebm.

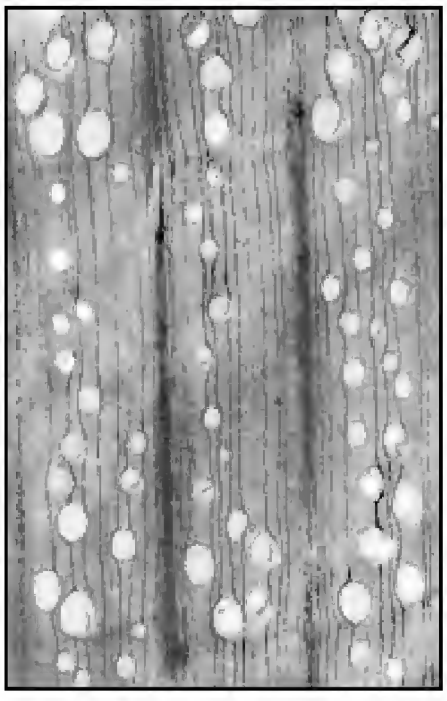
Distribución
San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Oaxaca.

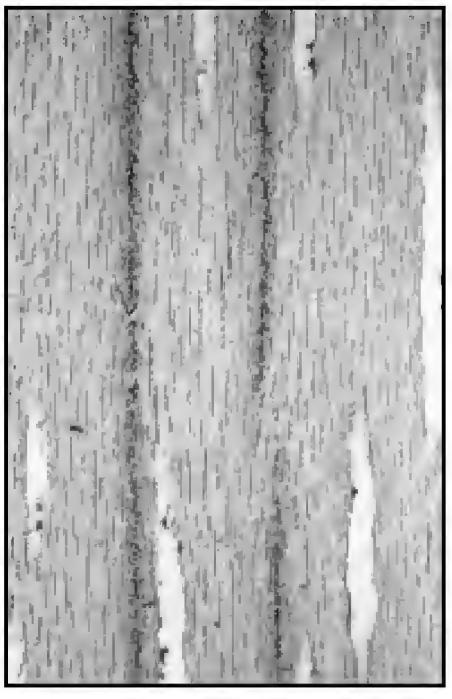
Altitud
2000-2250 msnm

Nombres comunes
Manzanillo blanco.

Características anatómicas
Madera rosa a castaño pálido con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 4 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y anchos, la mayoría de 10 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, dura, moderadamente flexible a rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





11. *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.

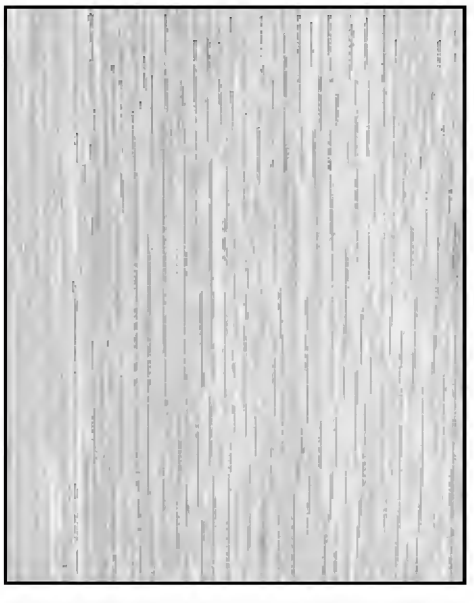
Distribución
Tamaulipas, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí,, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

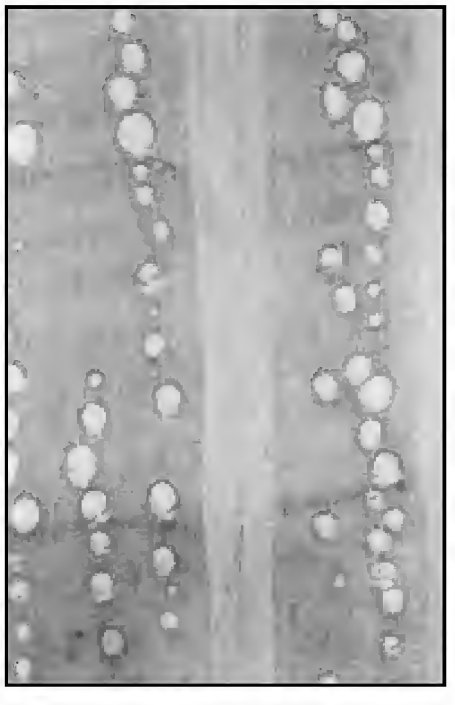
Altitud
2000-3300 msnm

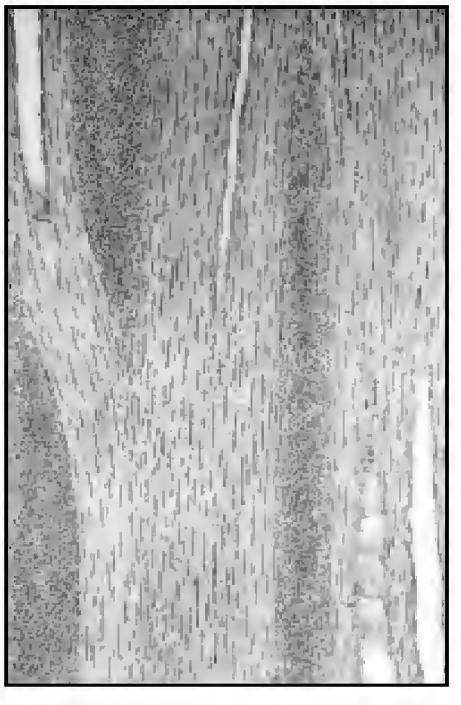
Nombres comunes
Chilillo, encino laurelillo, encino hoja angosta, encino roble, encino colorado, encino blanco, encino prieto, encino uricua, atlualpitzahual, encino xicatahua, tesmolera, huitzalacate.

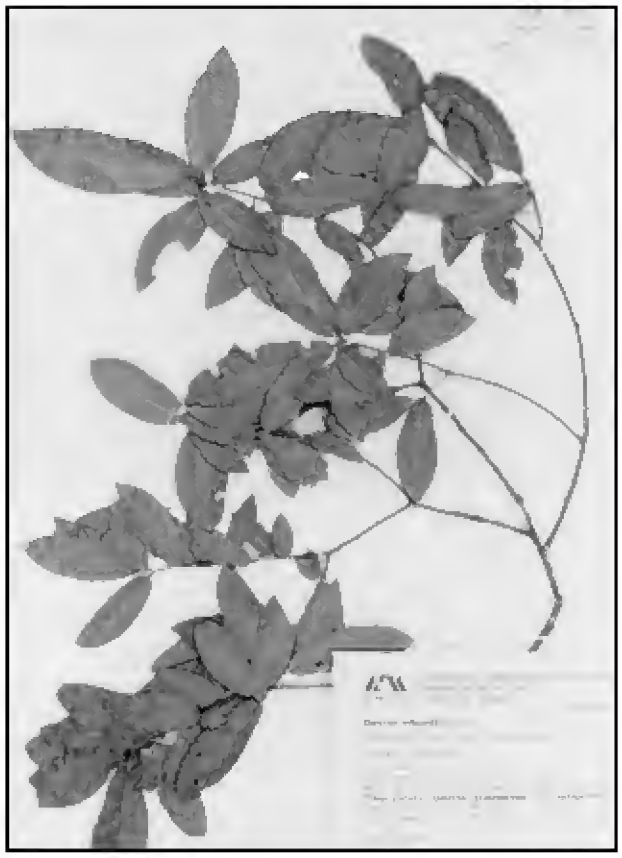
Características anatómicas
Albura rosa y duramen castaño claro a castaño rojizo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 15 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, dura a muy dura, rígida a muy rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y moderadamente resistente a resistente al cortante paralelo.









12. *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl.

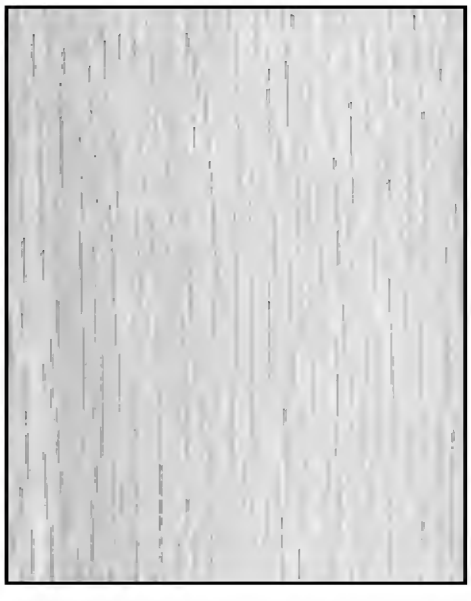
Distribución
Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

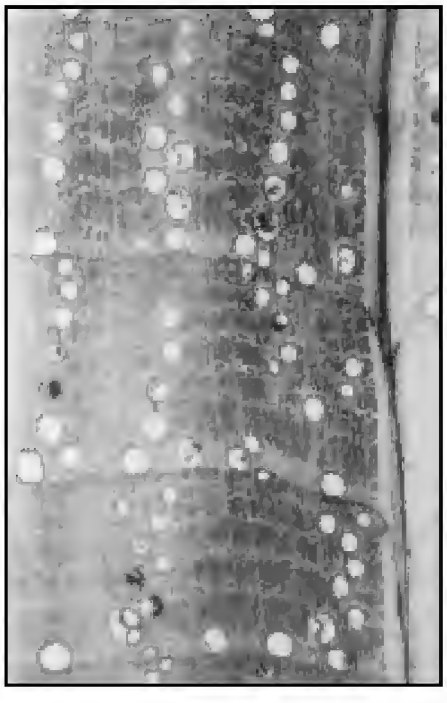
Altitud
1600-2250 msnm

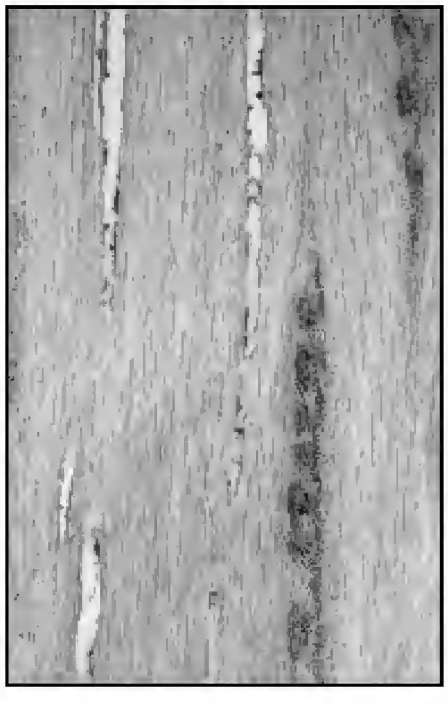
Nombres comunes
Manzanillo, encino enano.

Características anatómicas
Madera castaño pálido con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.







13. *Quercus scytophylla* Liebm.

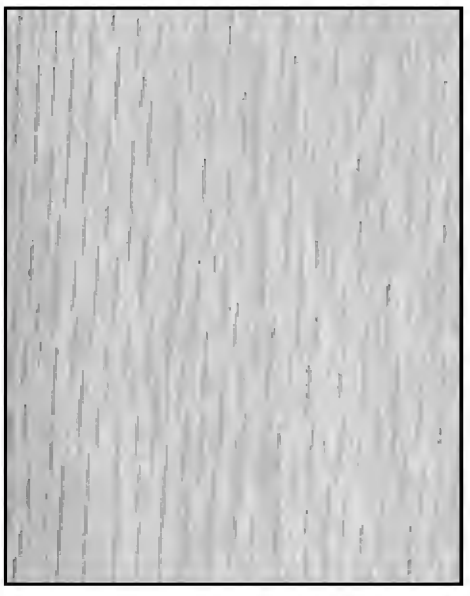
Distribución
Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, México y Puebla.

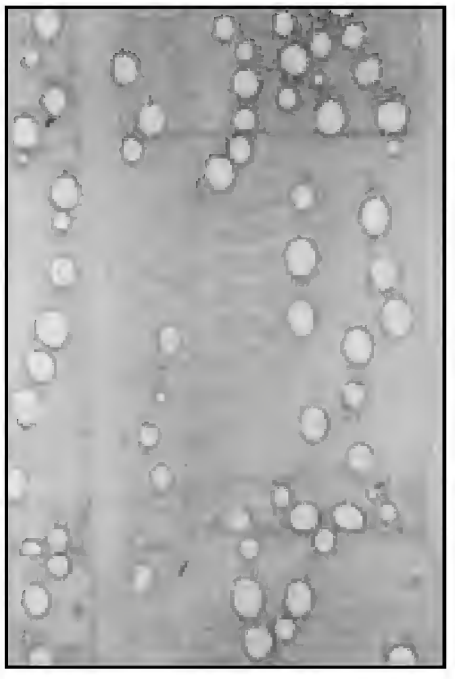
Altitud
1350-2500 msnm

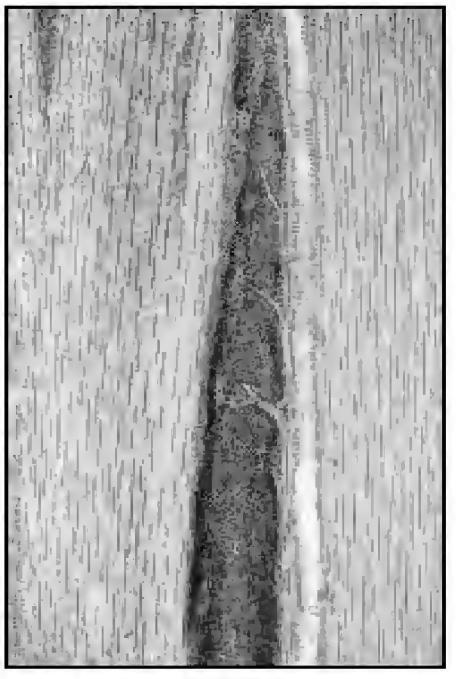
Nombres comunes
Encino prieto, encino blanco, encino rosillo.

Características anatómicas
Albura blanco rosado y duramen rosa a castaño rojizo con radios multiseriados castaño rojizo claro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 4 a 5 mm. Vasos medianos. Los radios multiseriados son altos y muy anchos la mayoría de 18 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







14. *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.

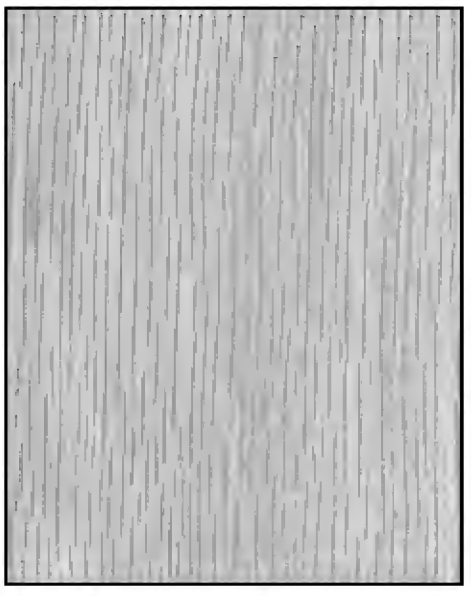
Distribución
Chihuahua, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Aguascalientes y Guanajuato.

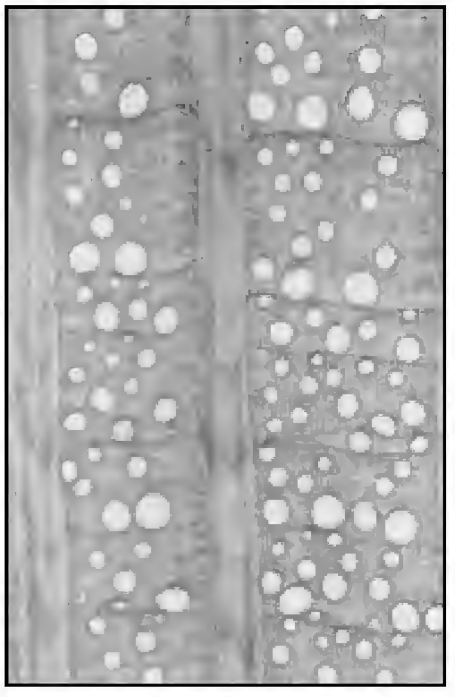
Altitud
2400-2600 msnm

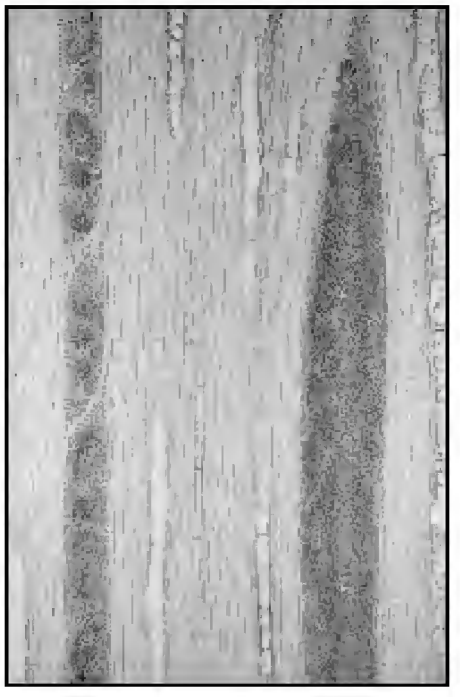
Nombres comunes
Encino.

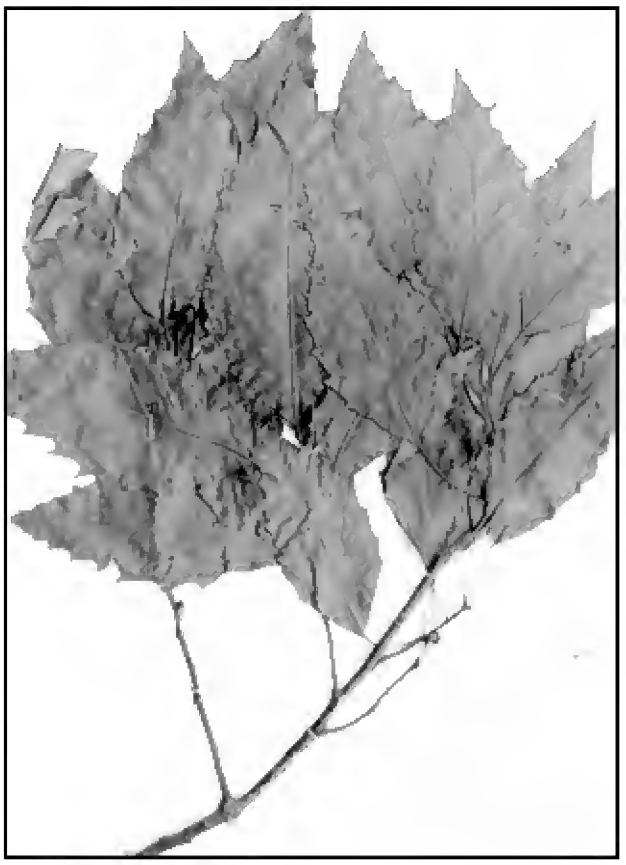
Características anatómicas
Albura rosa a rojo pálido y duramen castaño rojizo claro a rojo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos la mayoría de 20 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, dura, rígida, de moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.









15. *Quercus skinneri* Benth.

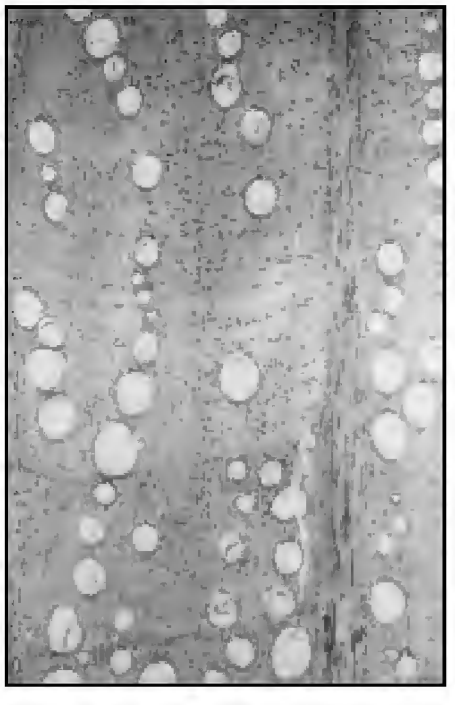
Distribución
Oaxaca, Chiapas y Veracruz.

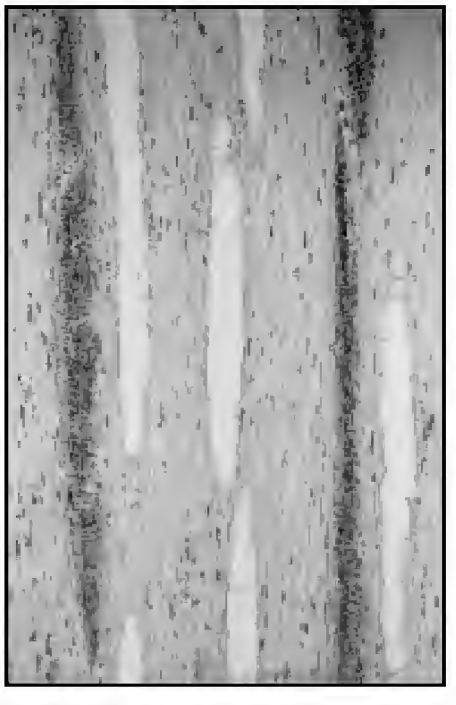
Altitud
700-1000 msnm

Nombres comunes
Encino.

Características anatómicas
Albura castaño pálido y duramen castaño rojizo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 16 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





16. *Quercus uxoris* McVaugh

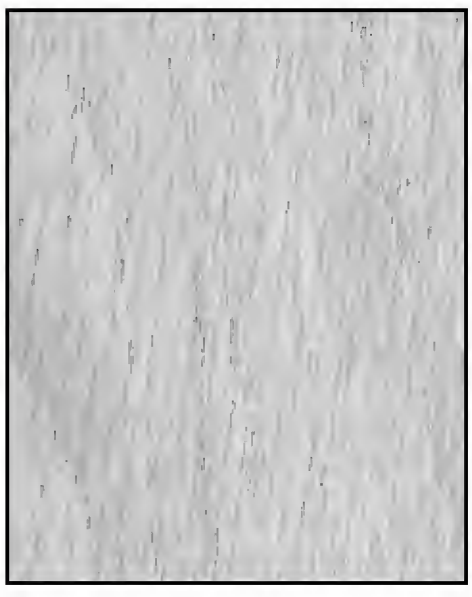
Distribución
Tamaulipas, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Puebla y Veracruz.

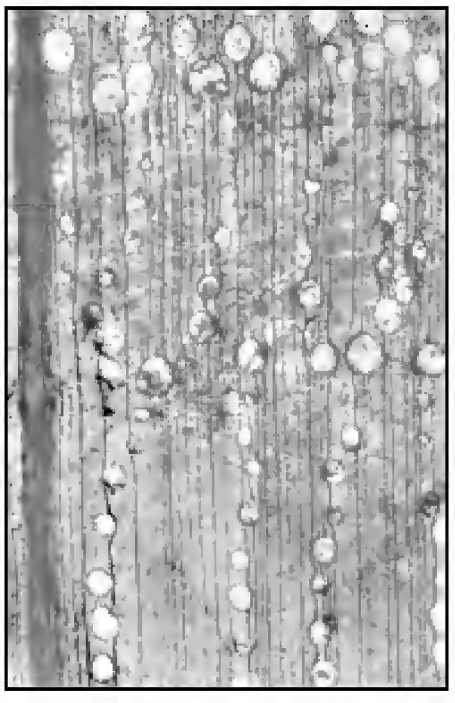
Altitud
1200-2250 msnm

Nombres comunes
Capuchino, hojeador.

Características anatómicas
Madera rosa o castaño rojizo con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos la mayoría de 12 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas o abundantes tílides.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





Características de las especies

Sección Quercus (Subgénero Leucobalanus o encinos blancos)

17. *Quercus convallata* Trel.

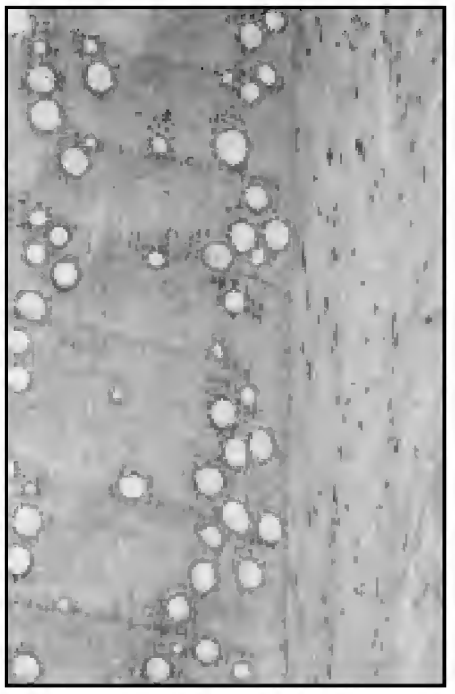
Distribución
Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.

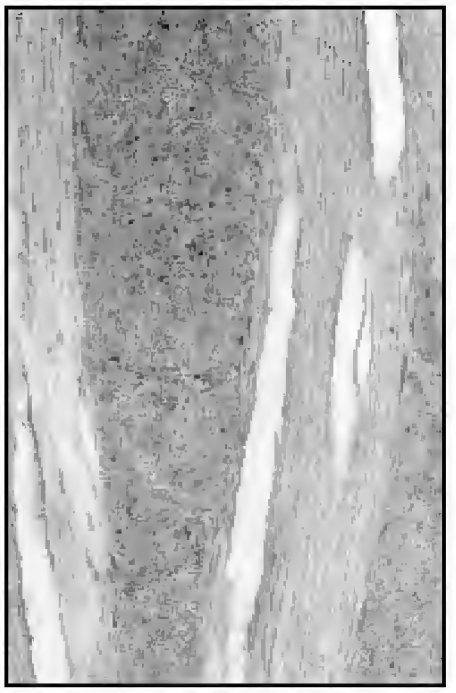
Altitud
2000-2500 msnm

Nombres comunes
Encino blanco.

Características anatómicas
Albura castaño muy pálido y duramen castaño con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 50 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





18. *Quercus excelsa* Liebm.

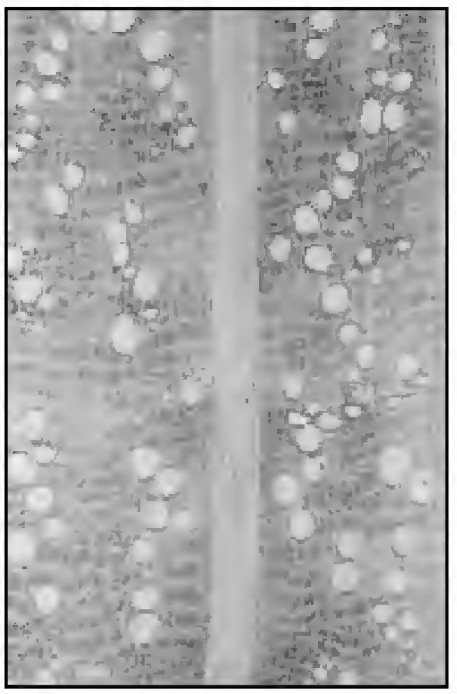
Distribución
Durango, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca y Veracruz.

Altitud
1400-2250 msnm

Nombres comunes
Encino bornio.

Características anatómicas
Madera castaño muy pálido con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 21 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, resistente a la compresión paralela, moderadamente resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.



19. *Quercus glabrescens* Benth.

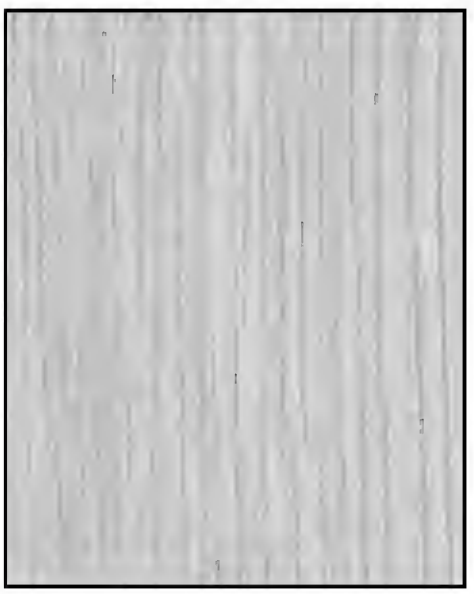
Distribución
San Luis Potosí, Michoacán, Oaxaca, Hidalgo, México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

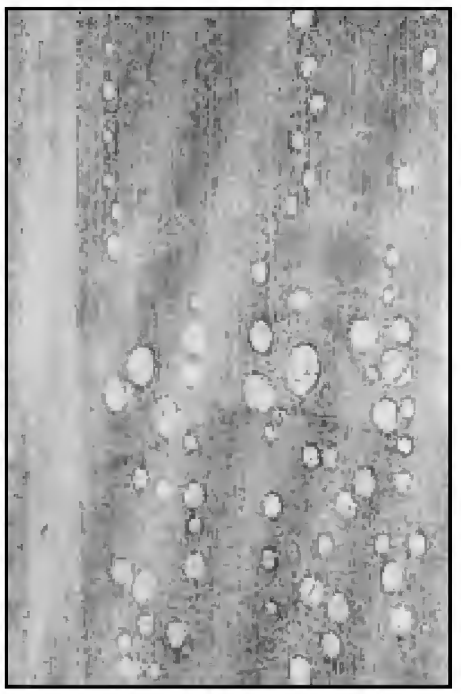
Altitud
1700-2700 msnm

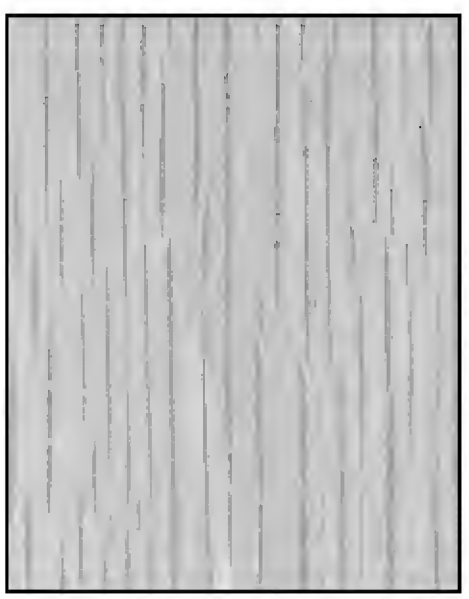
Nombres comunes
Encino, encino blanco, quebracho.

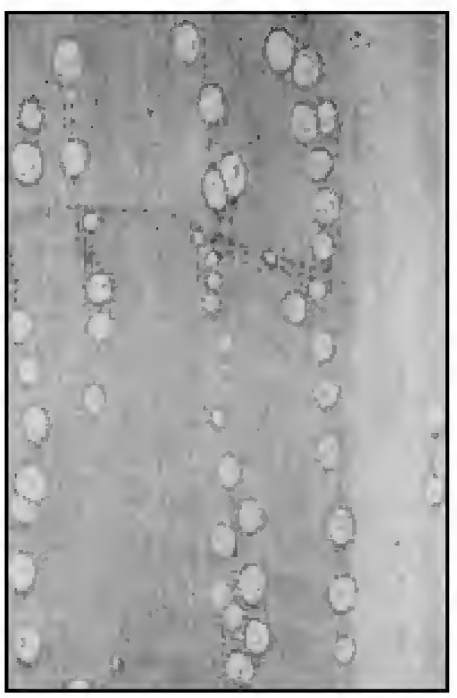
Características anatómicas
Madera blanca a castaño muy pálido con radios multiseriados castaño claro. Porosidad anular. Anillos de 2 a 6 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y muy anchos a extremadamente anchos, la mayoría de 15 a 29 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con abundantes tílides.

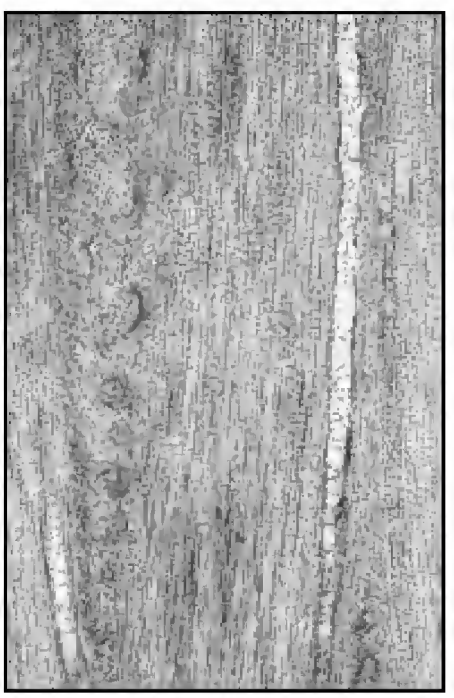
Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones muy altas, dura a muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.











20. *Quercus laeta* Liebm.

Distribución
Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Altitud
1800-2800 msnm

Nombres comunes
Encino prieto.

Características de la madera
Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 5 a 6 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos, la mayoría de 31 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y muy resistente al cortante paralelo.

21. *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl.

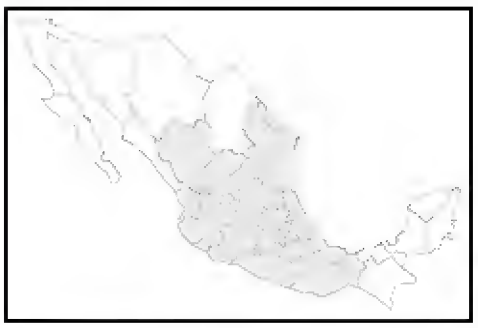
Distribución
Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

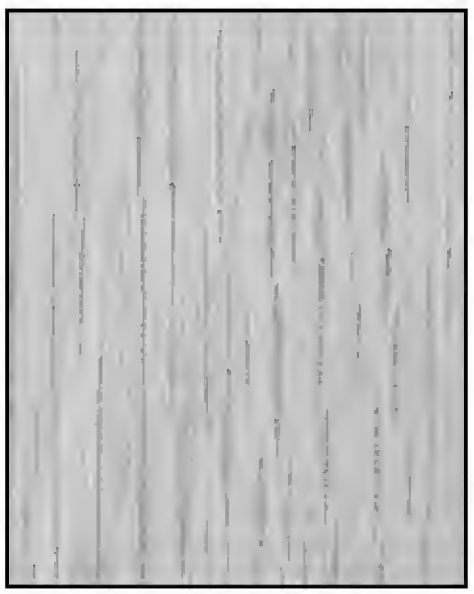
Altitud
1650-2700 msnm

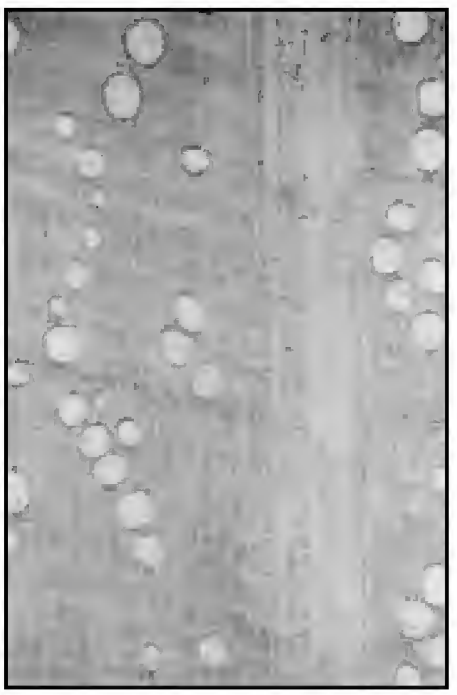
Nombres comunes
Encino, encino blanco, encino negro, encino avellano, encino prieto, encino calichahuac, casahuicahuatl.

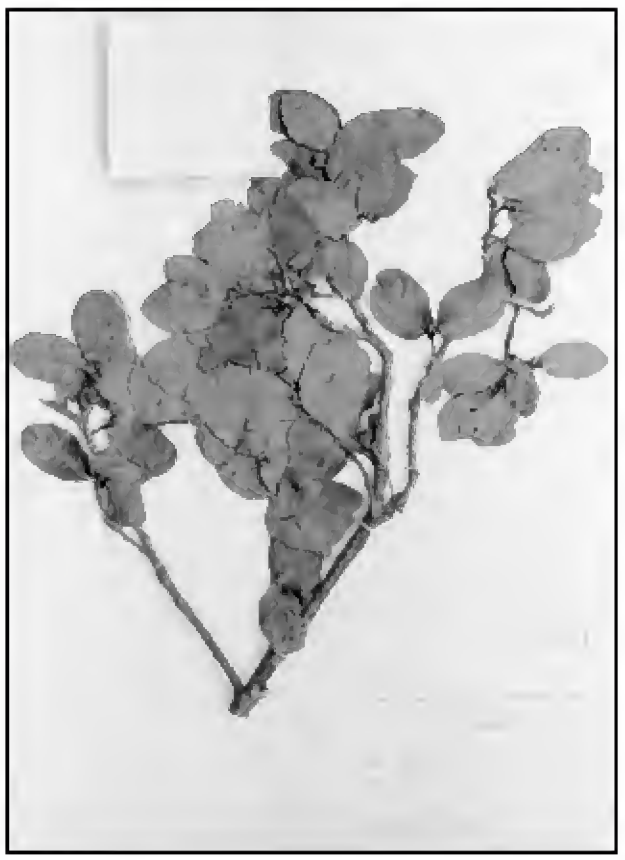
Características anatómicas
Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos, la mayoría de 44 a 51 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.









22. *Quercus potosina* Trel.

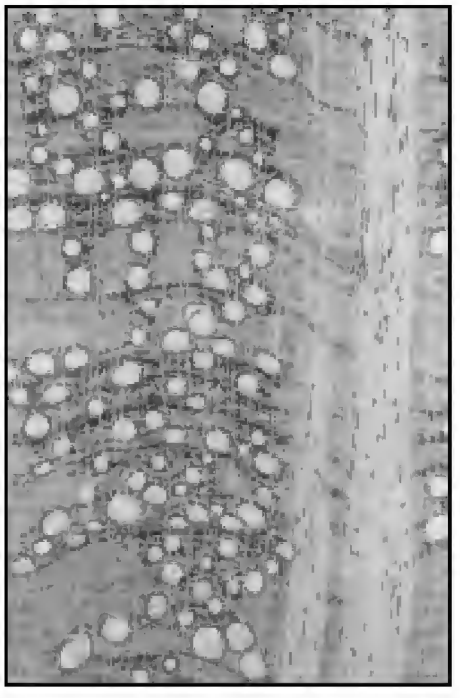
Distribución
Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, México y Veracruz.

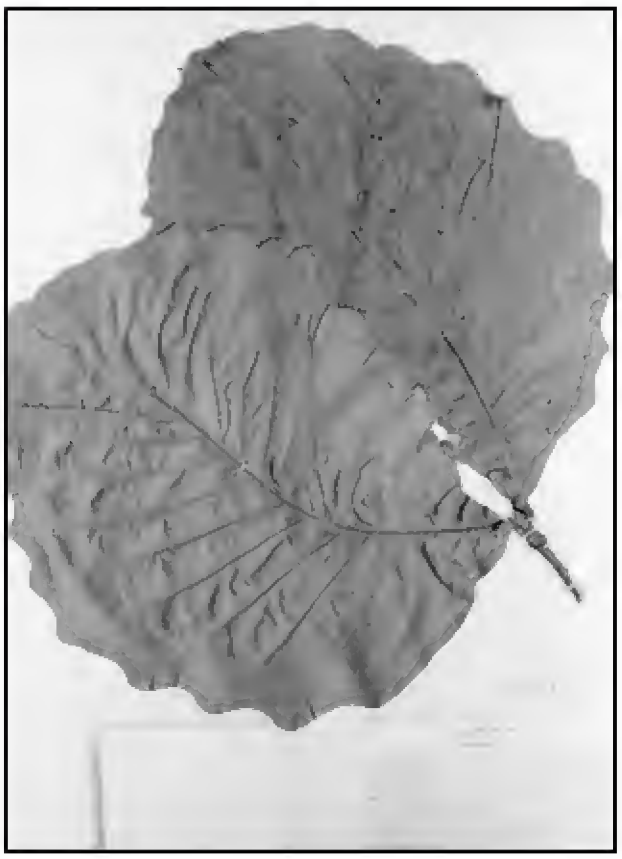
Altitud
2000-2400 msnm

Nombres comunes
Encino.

Características de la madera
Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados extremadamente altos y extremadamente anchos, la mayoría de 41 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





23. *Quercus resinosa* Liebm.

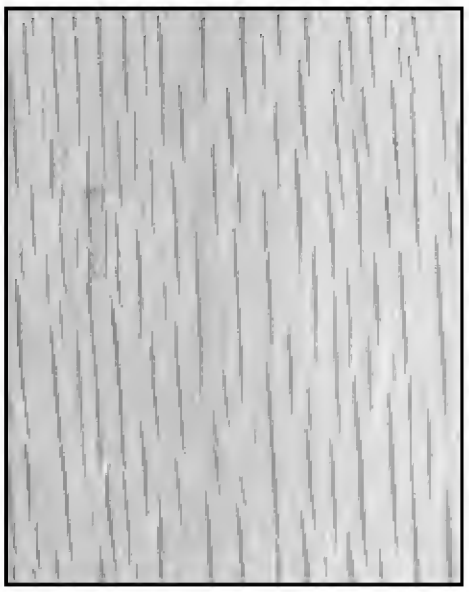
Distribución
Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Aguascalientes, Guanajuato y México.

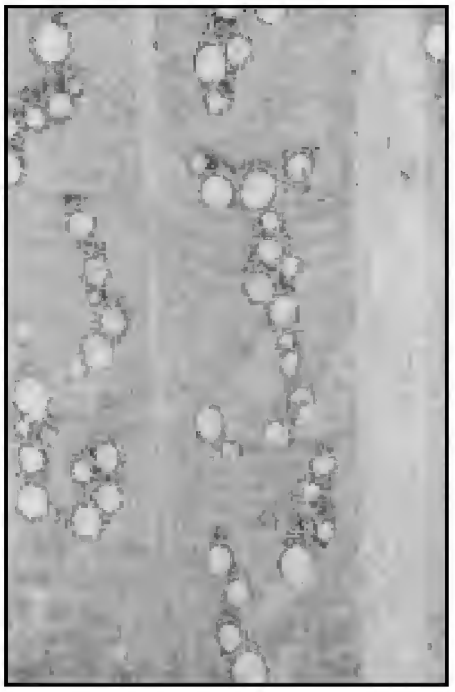
Altitud
800-2300 msnm

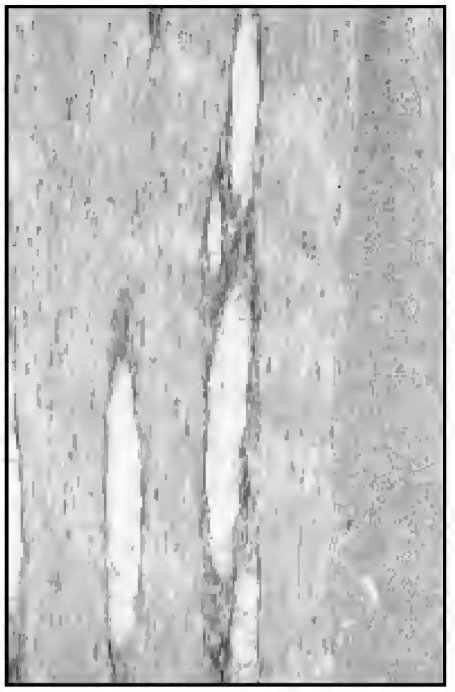
Nombres comunes
Encino roble, roble, encino blanco.

Características de la madera
Albura castaño muy pálido y duramen castaño con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 27 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera muy pesada, de contracciones altas, muy dura, muy rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







24. *Quercus rugosa* Née

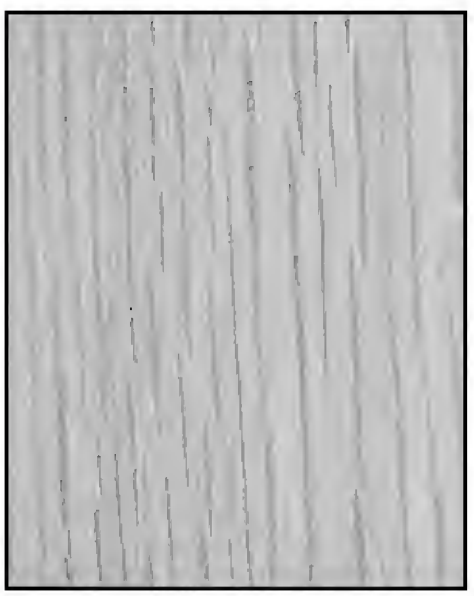
Distribución
Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

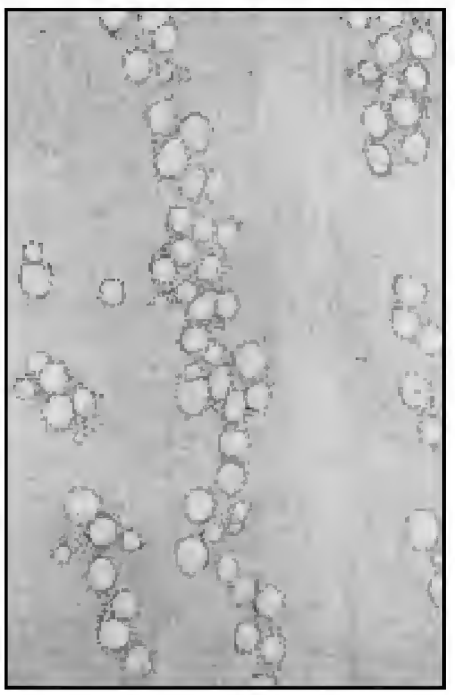
Altitud
1800-3000 msnm

Nombres comunes
Encino, encino cuero, encino blanco, encino avellano, encino tocúz, encino quebracho, encino hojarasca, encino negro, encino roble.

Características anatómicas
Albura castaño pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Los radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos la mayoría de 27 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

Características físicas y mecánicas
Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





Otras características tecnológicas de la madera de encino

Encinos rojos

La madera de los encinos rojos presenta dificultad en el secado, el cual debe hacerse lentamente para evitar contracciones y rajaduras; tiene durabilidad natural de baja a mediana, pero se impregna fácilmente, a excepción de las especies que forman tílides. Presenta buenas características de maquinado. Ofrece condiciones adecuadas para el clavado y atornillado, tiene propiedades favorables al cepillado, barrenado, escopleado y moldurado y se tornea fácilmente. Soporta la unión entre piezas sin dificultad y el lijado y acabado se realizan sin problemas. Es una madera de excelente resistencia mecánica, con alta resistencia al impacto.

Encinos blancos

La madera de los encinos blancos presenta gran cantidad de cristales romboidales de oxalato de calcio que dificultan su aserrío, más que en los encinos rojos que no presentan estos contenidos. Por las características de los radios multiseriados y por las características de peso y dureza, es una madera que presenta grandes contracciones en su secado, con alta tendencia a rajarse. Su secado debe hacerse lentamente para evitar las rajaduras. El duramen es altamente resistente a la pudrición, más que el de los encinos rojos. Los poros del duramen están llenos de tílides por lo que es muy poco permeable y difícil de impregnar; únicamente las especies que no forman tílides, como *Q. resinosa*, se impregnan fácilmente. Presenta buenas características de maquinado, pero tiende a rajarse en el clavado. Ofrece condiciones adecuadas para el cepillado y moldurado. Tiene excepcionales propiedades de resistencia mecánica. Es una madera con alta resistencia al impacto.

DISCUSIÓN

Características comunes de las especies del género *Quercus*

Macroscópicas

La madera de las especies de encinos mexicanos, no tiene olor ni sabor característico, su brillo es alto, el veteado es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo es recto. Sus elementos constitutivos son fácilmente visibles a simple vista, sobre todo los radios multiseriados, que es la característica más distintiva de la madera de los encinos. En las caras longitudinales: tangenciales y radiales, son más oscuros que el resto de la madera y en las caras transversales son más claros. En las caras tangenciales se ven como líneas y en las caras radiales como bandas. Los anillos de crecimiento están marcados por una banda delgada de fibras. En las especies que presentan porosidad anular, los anillos de crecimiento se marcan por una banda de poros de la madera temprana.

Microscópicas

Vasos. La madera presenta porosidad anular o difusa, los poros son solitarios (vasos en corte transversal), poco numerosos, de diámetro tangencial mediano y pared gruesa, en la madera tardía se arreglan en hileras radiales. Los elementos de vaso son de longitud mediana, con placas perforadas simples, de paredes terminales oblicuas y puntuaciones areoladas alternas de forma oval. Las puntuaciones vaso-rayo son simples con arreglo vertical. En las especies que presentan porosidad anular, los poros de la madera temprana son visibles a simple vista, forman una banda de dos a cuatro poros de ancho. Los vasos de la madera temprana son grandes y los de la madera tardía son pequeños. La transición de la madera temprana a la tardía es abrupta.

Traqueidas vasicéntricas. Su presencia es abundante y se arreglan de una a varias capas alrededor de los vasos y mezcladas con el parénquima.

Parénquima. El parénquima es poco visible a simple vista. Es abundante, de varios tipos: paratraqueal escaso, mezclado con traqueidas vasicéntricas, apotraqueal difuso, reticulado y en bandas finas más o menos regulares y marginal. Cuando se presenta porosidad anular, el parénquima es más abundante en la madera tardía.

Radios. El parénquima radial es de dos tipos: radios uniseriados y radios multiseriados, homogéneos, formados de células procumbentes, no estratificados. Los uniseriados no son visibles a simple vista, son numerosos. Los multiseriados son poco numerosos y agregados, separados por fibras. Ambos tipos de radios presentan células parenquimatosas de dos tamaños; en los uniseriados están mezcladas y en los multiseriados las más pequeñas se arreglan cerca de los márgenes o en la parte central del radio.

Fibras. Son de dos tipos: libriforme y fibrotraqueidas, abundantes, de longitud mediana, de pared gruesa y de lumen fino.

Tecnológicas. El coeficiente de anisotropía es muy alto; su resistencia al cortante paralelo a la fibra es de alta a muy alta (resistente a muy resistente).

Características distintivas de las especies del género *Quercus*

Encinos rojos

Generales. Su albura es de color blanco a rosa y a castaño rojizo claro, el duramen varía de rosa a castaño rojizo oscuro, gris castaño con tintes rojizos, de pesada a muy pesada (0,57 a 0,68), sus contracciones son de altas a muy altas (17 a 22%) y varía de dura a muy dura (4570 a 9420 N). Las propiedades en flexión son de flexibles a rígidas (MOR: 40,9 a 85,2 MPa); la compresión paralela de poco resistente a muy resistente (22,0 a 44,0 MPa). La compresión perpendicular es de resistente a muy resistente (6,2 a 11,4 kg/cm^2).

Radios. Los uniseriados de 7 a 19 células de altura, los multiseriados de 0,7 a 3,0 cm de altura, de 10 a 25 series y de 192 a 482 µm de ancho.

Contenidos. Los vasos del duramen generalmente sin tílides o escasas. El parénquima y los radios sin cristales o con escasos cristales de oxalato de calcio de forma romboidal. Las fibras con abundantes taninos.

Encinos blancos

Generales. Su albura es de color blanco a castaño claro o castaño grisáceo, el duramen de castaño claro a castaño oscuro y a castaño grisáceo, de pesada a muy pesada (0,64 a 0,76), sus contracciones son muy altas (19 a 22%) y varía de dura a muy dura (5 740 a 9 450 kg). Las propiedades en flexión son rígidas (MOR: 66,2 a 86,6 MPa); la compresión paralela de resistente a muy resistente (31,2 a 40,9 MPa). La compresión perpendicular es de resistente a muy resistente (9,1 a 16,0 MPa).

Radios. Los uniseriados de 12 a 19 células de altura, los multiseriados de 1,5 a 5,0 cm de altura, de 12 a 51 series y 234 a 971 µm de ancho.

Contenidos. Los vasos del duramen se encuentran ocluidos con abundantes tílides. El parénquima y los radios con abundantes cristales de oxalato de calcio de forma romboidal. Las fibras con taninos.

RECOMENDACIONES

Usos sugeridos

Encinos rojos

Por las características estéticas que le dan los diferentes tonos de color, el veteado pronunciado, la textura gruesa y la presencia de porosidad anular, es una madera recomendada ampliamente para muebles (principalmente escritorios, mesas, sillas torneadas, gabinetes de cocina), chapa, pisos, pasamanos, bancas, baúles, artículos torneados, artesanías y decoración de interiores en general. La porosidad anular proporciona hermosas superficies en corte tangencial, valiosas en ebanistería y chapa. El color es una de las características más importantes en la industria de la decoración y la madera de los encinos rojos mexicanos presenta una gran variedad de tonalidades de blanco rosáceo hasta rojo intenso. El color varía entre los encinos rojos, debido al suelo y clima. Junto con el color, el veteado (figura), el hilo recto, su dureza, y su alta resistencia al desgaste y su acabado fino hacen a la madera de encino una de las más apropiadas para pisos. El hilo recto determina la facilidad en artículos torneados, tallados y labrados. Por sus cualidades mecánicas, sobre todo su alta resistencia al impacto, se emplea para cabos y mangos de herramientas y puede ser utilizada con ventaja en usos estructurales, por su alta densidad y resistencia a la flexión. Por la facilidad de aceptar tratamientos preservadores, es apropiada para usos en durmientes, pilotes y postes de líneas de transmisión.

Encinos blancos

La información presentada en este trabajo en forma de fichas descriptivas para las diferentes especies, permitirá hacer un mejor uso de su madera. La madera de los encinos blancos debe usarse en situaciones que requieran excepcional resistencia mecánica y alta durabilidad natural, como los usos estructurales en construcciones permanentes expuestas a alto riesgo. Si su secado es exitoso, puede emplearse en decoración de interiores. Por su dureza, alta resistencia al impacto (tenacidad) y durabilidad natural, en durmientes, postes y pilotes para minas, ruedas de vehículos de labranza, implementos agrícolas, tarimas y ataúdes. Por ser impermeable, resistente y durable, se usa en tonelería para añejamiento de licores siempre y cuando presente porosidad anular y la calidad de los taninos imprima un sabor agradable al añejado.

La madera de las diferentes especies que pertenecen a una sección: (Subgéneros *Erythrobalanus* y *Leucobalanus*), no puede separarse fácilmente entre ellas usando únicamente sus características anatómicas. Por las características tecnológicas diferentes que presentan las especies de ambas secciones, deben separarse en los procesos de transformación ya que al mezclarse especies de los diferentes grupos, los blancos son los más expuestos a la generación de defectos y por lo tanto se produce un alto desperdicio. Se sugiere agrupar las especies por subgénero y separar las que presentan características problemáticas para su transformación, de acuerdo a los diferentes usos, es decir, separar para su procesamiento, aquellas con valores en los extremos de la distribución estadística, según las tablas de resultados aquí presentadas, por no aplicar para ellas, las técnicas comunes ni tener la maquinaria adecuada para su manejo. Es recomendable que estas últimas no se corten y se dejen en el bosque donde tienen funciones importantes en la conservación del suelo, en el ciclo del agua y la interacción con múltiples organismos.

Anexo 1. Especies estudiadas y sitios de recolección.

Xiloteca	especie	sitio de recolección	xiloteca	especie	sitio de recolección
ENCINOS ROJOS					
X-457	*Q. acutifolia*	Zapotitlán, Jal	X-421	*Q. acutifolia*	Atoyac de Álvarez, Gro
M-66	*Q. affinis*	Chignahuapan, Pue	M-94	*Q. affinis*	Chignahuapan, Pue
X-374	*Q. candicans*	San Dimas, Dgo	M-62	*Q. candicans*	Cd. Guzmán, Jal
X-406	*Q. candicans*	Coalcomán, Mich	X-506	*Q. candicans*	Villa Madero, Mich
X-212	*Q. candicans*	Leonardo Bravo, Gro	M-50	*Q. castanea*	Cd. Guzmán, Jal
M-64	*Q. castanea*	Cd. Guzmán, Jal	X-507	*Q. castanea*	Villa Madero, Mich
M-74	*Q. castanea*	Tianguismanalco, Pue	X-379	*Q. coccolobifolia*	Pueblo Nuevo, Dgo
X-213	*Q. conspersa*	Leonardo Bravo, Gro	X-373	*Q. crassifolia*	San Dimas, Dgo
M-70	*Q. crassifolia*	Mazamitla, Jal	X-405	*Q. crassifolia*	Coalcomán, Mich
M-69	*Q. crassifolia*	Chignahuapan, Pue	M-91	*Q. crassifolia*	Huayacocotla, Ver
X-443	*Q. crispipilis*	Teopisca, Chis	X-376	*Q. durifolia*	Pueblo Nuevo, Dgo
M-99	*Q. eugeniaefolia*	Huayacocotla, Ver	M-63	*Q. laurina*	Cd. Guzmán, Jal
X-407	*Q. laurina*	Coalcomán, Mich	X-215	*Q. laurina*	Leonardo Bravo, Gro
M-68	*Q. laurina*	Chignahuapan, Pue	M-92	*Q. laurina*	Huayacocotla, Ver
M-101	*Q. mexicana*	Huayacocotla, Ver	X-404	*Q. scytophylla*	Aguililla, Mich
X-322	*Q. sideroxyla*	San Dimas, Dgo	X-551	*Q. sideroxyla*	Pueblo Nuevo, Dgo
X-540	*Q. skinneri*	Ocosingo, Chis	X-450	*Q. uxoris*	Zapotitlán, Jal
M-97	*Q. uxoris*	Huayacocotla, Ver			
ENCINOS BLANCOS					
X-318	*Q. convallata*	San Dimas, Dgo	X-454	*Q. excelsa*	Zapotitlán, Jal
M-67	*Q. glabrescens*	Chignahuapan, Pue	M-93	*Q. glabrescens*	Chignahuapan, Pue
M-96	*Q. glabrescens*	Huayacocotla, Ver	M-98	*Q. glabrescens*	Huayacocotla, Ver
X-375	*Q. laeta*	San Dimas, Dgo	X-403	*Q. obtusata*	Coalcomán, Mich
X-505	*Q. obtusata*	Villa Madero, Mich	X-377	*Q. potosina*	Durango, Dgo
X-508	*Q. resinosa*	Villa Madero, Mich	X-444	*Q. rugosa*	Teopisca, Chis

M= Xiloteca UAMIZ X= Xiloteca INIFAP

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda en la realización de este trabajo de manera muy especial a la excelente taxónoma y gran amiga Biól. María de Lourdes Aguilar Enríquez por su apoyo en la identificación de las especies, al Maestro Jorge Lodigiani y al Biól. Exp. Jesús Rivera su gran colaboración en el procesado del material fotográfico.

REFERENCIAS

Aguilar, M. L., C. de la Paz Pérez O. y E. Guerrero C. 1999. Árboles y arbustos del género *Quercus*, especies y distribución. IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, Dgo.

American Society for Testing of Materials. 1993. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM Standard D-143-83. Philadelphia. PA.

Bárcenas P., G. M., J. R. Aguirre R., G. Álvarez F., B. I. Juárez y L. Yáñez E. 2007. Evaluación sensorial del mezcal potosino madurado con madera de encino de Sierra de Álvarez, SLP. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 28-31 octubre. Morelia, Mich.

Bejar, G. 1982. Aserrío de la madera de encino. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 69. 33 p.

Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. Tropical Woods 9:20-28.

Chattaway, M. 1955. Crystals in woody tissues I. Tropical Woods 102:55-74.

Chattaway, M. 1956. Crystals in woody tissues II. Tropical Woods 104:100-124.

Dávalos, R. y G. Bárcenas. 1998. Clasificación de las propiedades mecánicas en condición verde. Madera y Bosques 4(2):81-86.

Dávalos, R., P. Zárate y C. de la Paz Pérez O. 2001. Tablas de clasificación de algunas propiedades mecánicas de maderas mexicanas en condición verde. Madera y Bosques 7(1):71-78.

De la Paz Pérez O., C. y L. Aguilar. 1978. Diferencias morfológicas externas y anatómicas de la madera de los encinos blancos y rojos. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 59. 19 p.

De la Paz Pérez O., C. 1985. Variación de la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos. II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 49:291-312.

De la Paz Pérez O., C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 267 p.

De la Paz Pérez O., C., S. Vélez J. y J. Ceja Romero. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México. Madera y Bosques 12(1):63-94.

Desch, H. E. 1974. Timber, its structure and properties. MacMillan. 424 p.

Dinwoodie, J. H. 1975. Timber, a review of the structure, mechanical properties, relationships. I.104(1):3-32.

Echenique, R., J. Barajas, L. Pinzón y V. Pérez. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Ver. 1. Características tecnológicas de la madera de 10 especies. INIREB. 66 p.

IAWA Committee. 1937. Standard terms of length of vessel members and wood fibers. Tropical Woods 51:21-22.

IAWA Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. Tropical Woods 59:51-52.

IAWA Committee. 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Committee on Nomenclature IAWA. Suiza. 186 p.

IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n.s. 10(3):219-332.

Jane, J. W. 1970. The structure of wood. Adam & Charles Black, Londres. 478 p.

Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, Nueva York. 523 p.

Kollman, F. P. y W. A. Coté, Jr. 1968. Principles of wood science and technology I. Solid Wood. Springer-Verlag, Nueva York. 560 p.

Kribs, D. A. 1968. Commercial foreign woods on the american market. Dover Pub., Nueva York. 241 p.

Kukachka, F. B. 1956. Wood... colors and kinds. Agricultural Handbook No. 101. United States Department of Agriculture. Forest Service. 36 p.

Martínez C., J. L. y E. Martínez-Pinillos. 1996. Características de maquinado de 32 especies de madera. Madera y Bosques 2(1):45-61.

Martínez-Pinillos, E. y J. L. Martínez C. 1996. Características de cepillado y lijado de 33 especies de madera. Madera y Bosques 2(2):11-27.

Martínez, M. 1985. Los encinos de México. Comisión Forestal. Serie: Técnica Manejo No. 8. Michoacán, México. 358 p.

McVaugh, R. 1974. Flora novo-galiciana. Contr. Univ. Michigan Herb. 12:1-93.

Munsell Color. 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.

Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. *In*: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fay (Eds.). Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution, pp. 447-458, Oxford University Press. Nueva York.

Ordóñez C., V. R., A. Quiroz S. y R. P. Zárate M. 1998. Propiedades mecánicas de laminados estructurales con madera de encino. Madera y Bosques 4(2):95-104.

Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. I. McGraw-Hill, Nueva York. 705 p.

Rendle, B. J. 1969a. World timbers. 1. Europe & Africa. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. 191 p.

Rendle, B. J. 1969b. World timbers. 2. North & South America. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. 150 p.

Rendle, B. J. 1970. World timbers. 3. Asia & Australia & New Zealand. Ernest

Benn Limited-University of Toronto Press. 175 p.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 482 p.

Sandoval Z., E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Cuadernos del Instituto de Biología núm. 38. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 281 p.

Torelli, J. 1982. Estudio promocional de 43 especies forestales tropicales mexicanas. SARH-INIF. México. 73 p.

Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.

Trelease, W. 1924. The american oaks. Mem. National Academy Science 20:1-238.

Wangaard, F. F. 1981. Wood: its structure and properties. I. Forest Products Laboratory, EUA. 465 p.

Zavala, D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional en las características de la madera de encinos. Madera y Bosques 9(2):29-39.

Zavala, F. 1995. Encinos y robles. Notas fitogeográficas. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 44 p.

Manuscrito recibido el 5 de septiembre del 2007
Aceptado el 14 de marzo del 2008

Este documento se debe citar como:
De la Paz Pérez-Olvera, C. y R. Dávalos-Sotelo. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. Madera y Bosques 14(3):43-80.

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México

Chemical composition and relative basic density of two shrub white oak wood species from the Sierra de Álvarez, SLP, México

Guadalupe M. Bárcenas-Pazos[1], Rosalva Ríos-Villa[2], J. Rogelio Aguirre-Rivera[3], Bertha I. Juárez-Flores[3] y J. Amador Honorato-Salazar[4]

RESUMEN

En la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, se han identificado 18 especies de encinos; de ellas, *Quercus sebifera y Q. tinkhami* son de hábito arbustivo y pertenecen a la sección *Quercus* o encinos blancos. A la fecha se desconocen estudios sobre las características de su madera, la cual sólo se aprovecha localmente en forma reducida y rudimentaria. En este trabajo se presenta su caracterización química. Se evaluaron los contenidos relativos de lignina, extractos y cenizas, así como la densidad básica relativa y el contenido de celulosa. Se calcularon los estadísticos básicos para cada componente y se realizó un análisis de varianza entre especies para cada parámetro estimado. La cantidad de celulosa y lignina de ambas especies fue estadísticamente similar ($p > 95\%$); además, los valores obtenidos coinciden con los presentados por otros autores para encinos mexicanos. La cantidad de cenizas fue mayor que lo publicado para especies mexicanas del mismo género, lo cual posiblemente se deba a las condiciones de crecimiento de estas especies, particularmente el clima y el tipo de suelo. Sólo los contenidos de extractos de *Q. sebifera* con la mezcla etanol-benceno y con agua caliente fueron mayores que los registrados para otros encinos blancos. El contenido de extractos fue estadísticamente mayor en *Q. sebifera*. La riqueza de cenizas y extractos de estas especies parece estar relacionada con su adaptación a las condiciones de aridez en las que crecen. La densidad básica relativa de *Q. sebifera* es media y la de *Q. thinkami*, es alta.

PALABRAS CLAVE:
Composición química, extractos, madera de encino, *Quercus*, San Luis Potosí.

1 Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200. Fracc. del Llano. 78377 San Luis Potosí, SLP. Unidad de Recursos Forestales, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. Correo electrónico: guadalupe.barcenas@inecol.edu.mx.
2 Posgrado en Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
3 Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200. Fracc. del Llano. 78377 San Luis Potosí, SLP.
4 INIFAP Campo Experimental San Martinito, Centro de Investigación Regional Centro. Km. 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito. Tlahuapan, Municipio Tlahuapan, Puebla. CP 74100.

ABSTRACT

In the mountain range of Álvarez, San Luis Potosí eighteen oak species have been identified; two of them (*Quercus sebifera and Q. tinkhami*) included into the *Quercus* section or white oaks are shrubs. Currently, studies are not known on the wood characteristics of these species, which are only used locally in a reduced and rudimentary way. Their chemical composition is presented here. Essays to estimate relative content (%) of lignin, extracts and ashes were carried out; specific gravity was also calculated along with volume of cellulose. Basic statistics were estimated for each parameter obtained. Variance analyses were applied between the essays sets of cellulose, lignin, ash, and extracts. Not significant differences (p > 95%) were found between species for cellulose and lignin. These results were similar to those presented by other authors for Mexican oaks. Ash volume resulted to be greater; it may be due to their particular climate and soil type, mainly. The extracts of *Q. sebifera* obtained by the ethanol-benzene mixture and by hot water were greater than those published for white oaks. These species were different (p > 95%) for extract content. Ash and extracts richness of these species seems to be related to their aridity adaptations. Relative basic density values for *Q. sebifera* were medium and high for *Q. tinkhami*.

KEYWORDS:
Chemical composition, extracts, oakwood, *Quercus*, San Luis Potosí.

INTRODUCCIÓN

En México; en nivel de género, los encinos son considerados como el segundo recurso forestal maderable más importante después del género *Pinus* (Rzedowski, 2006 y Nixon, 1993). La madera de encino posee un valor muy alto como materia prima cuando es procesada adecuadamente; sin embargo, debido a su dureza, su distribución geográfica menos homogénea que la de los pinos y la variabilidad específica en sus características tecnológicas, su uso más común aún es como combustible (García, 1995 y Zavala, 1990).

Un argumento utilizado reiterativamente para justificar el desuso de la madera de encino en productos con mayor nivel de proceso, es el desconocimiento de sus cualidades y reacciones, además de su variabilidad en dependencia de la zona geográfica donde es cortada (De la Paz, 2000). En México se cuenta con información, particularmente sobre su ecología y distribución, sobre varias especies de encinos (Carter, 1953; Martínez, 1981; Nixon, 1993 y Valencia, 2004).

Sobre las características tecnológicas de la madera de encinos, De la Paz (2000) estableció la relación entre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de 24 especies de encinos, 16 de ellos rojos y ocho blancos. Quintanar (2002) publicó una recopilación de diversos trabajos sobre taxonomía, distribución, aprovechamiento y usos actuales, características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, composición química, índices de rendimiento y calidad de fibra para pulpa, durabilidad, aserrío, secado y maquinado de la madera de 31 especies de encinos rojos y 16 de encinos blancos.

La composición química de la madera de los encinos mexicanos se ha estudiado sólo para unas pocas especies y en aspectos generales y específicos, que van desde el pH hasta la caracterización de algunos compuestos químicos de la madera y de la corteza, según lo resumido por Honorato (2002). Así, Delgado (1980) estimó el contenido de cenizas, extractos con agua caliente y con etanol-benceno, así como α-celulosa y hemicelulosa en la madera de dos especies de encino rojos (*Q. laurina* y *Q. candicans*) y dos blancos (*Q. resinosa* y *Q. obtusata*) del estado de Jalisco; el porcentaje de

lignina lo calculó por diferencia. Fuentes (1980) determinó el contenido de carbohidratos estructurales, extractos con etanol-benceno y lignina de la madera del fuste y de las ramas de *Quercus resinosa*, otro encino blanco también del estado de Jalisco.

En la madera de dos especies de encinos rojos (*Q. laurina* y *Q. candicans*) provenientes del estado de Michoacán, Rutiaga *et al.* (2000 a y b) estimaron los porcentajes de lignina, carbohidratos estructurales y cenizas, y cuantificaron el porcentaje de extractos con tres disolventes, éter de petróleo, acetona y metanol. Por su parte, Bárcenas (2002) analizó el efecto de la lignina y los extractos removidos con disolventes orgánicos sobre dos propiedades físicas de la madera de varias especies; una de ellas fue el encino rojo *Q. laurina*.

Bautista y Honorato (2005) estudiaron la composición química de la madera de Q. *coccolobifolia*, *Q. durifolia* y *Q. rugosa* recolectados en el estado de Guanajuato, y de *Q. oleoides* proveniente del centro del estado de Veracruz. Los dos primeros son encinos rojos y las otras dos especies son encinos blancos. En todos los casos, menos para lignina, los encinos blancos presentaron valores mayores de los componentes estudiados.

En general, los valores de alfa celulosa publicados para la madera de encinos mexicanos van de 37% a 56%, de hemicelulosas de 22% a 30% y de lignina de 8% a 22%. Para las holocelulosas (celulosa y hemicelulosas) se han encontrado valores de 60% a 82%; específicamente para hemicelulosas, formadas básicamente por pentosas, se han registrado contenidos de 18% a 23% (Honorato, 2002). La cantidad de celulosa presente en la madera de los encinos mexicanos estudiados, es mayor que la registrada en las especies de otros países, mientras que en los otros compuestos son similares (Honorato, 2002).

Con respecto a los componentes menores, la cantidad relativa de cenizas en la madera de los encinos mexicanos oscila entre 0,32% y 1,38%; la de sílice varía de 0,0025% a 0,0093%; la de extractos con agua caliente varía de 4,61% a 10,00%, con etanol-benceno de 1,14% a 7,21% y con hidróxido de sodio al 1% de 20,89% a 26,00%; y el contenido de taninos varía desde 0,59% hasta 33,40% (Honorato, 2002).

Las especies de encino que crecen en la sierra de Álvarez de SLP, han sido identificadas y estudiadas, ecológicamente (García, 1995; García *et al.*; 1999, García y Aguirre a y b, inéditos; Ramírez, 2000; Castillo, 2003 y Castillo *et al.*, 2008), pero sobre las características de su madera se desconocen antecedentes, particularmente sobre las dos especies arbustivas consideradas en este trabajo.

OBJETIVO

Cuantificar los componentes químicos y determinar la densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encinos blancos (*Q. tinkhami* C.H. Müll. y *Q. sebifera* Trel.) de la sierra de Álvarez, SLP.

MATERIALES Y METODOS

Recolección de material

Las muestras de las especies estudiadas se recolectaron en la sierra de Álvarez, área natural declarada para protección forestal y refugio de fauna silvestre (Figura 1). Este sistema orográfico está localizado al sureste de la capital del estado San Luis Potosí, y se extiende en dirección NO-SE, con altitudes de

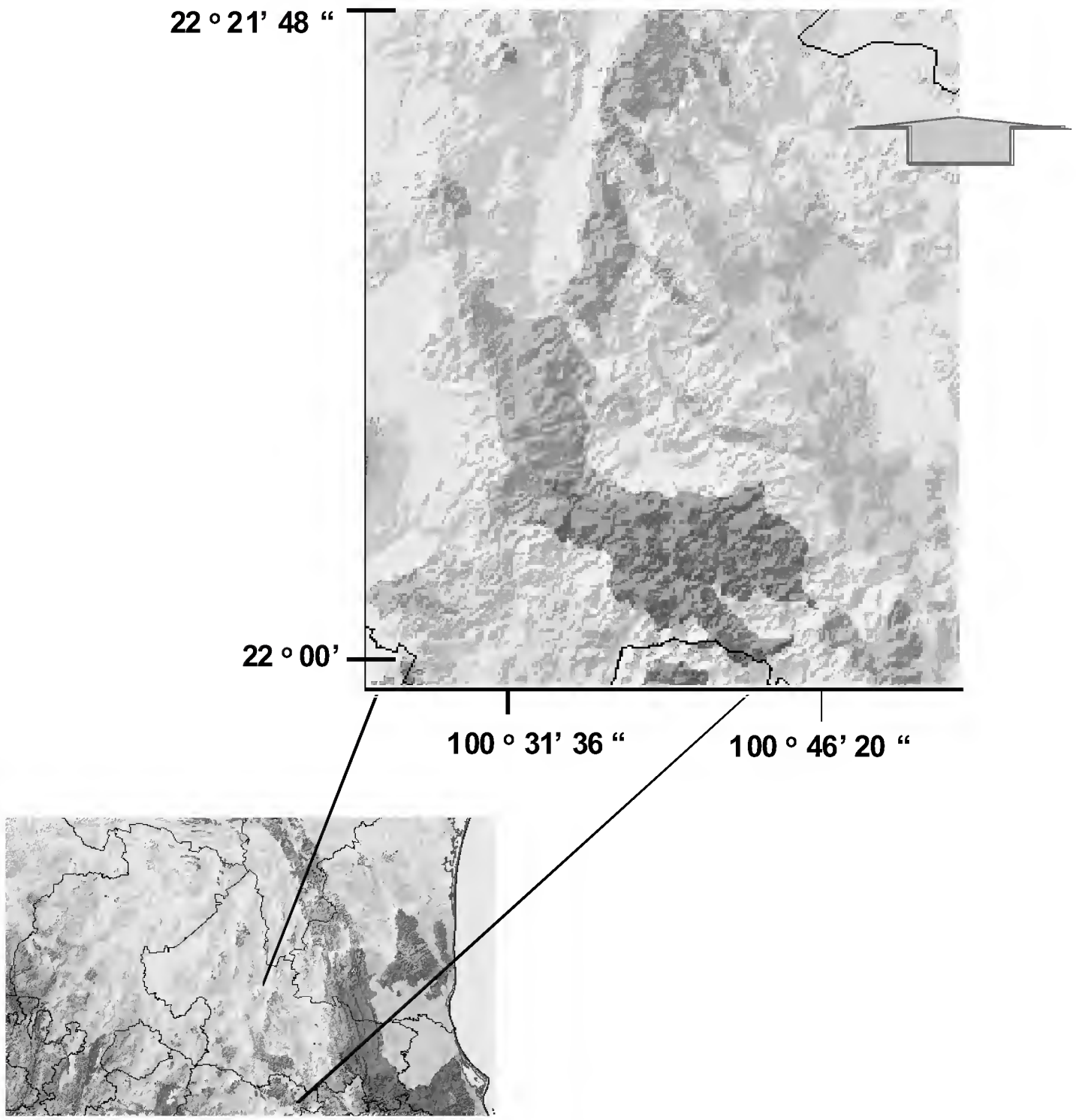


Figura 1. Ubicación de la sierra de Álvarez, SLP

2 000 a 2 700 msnm. Este sistema y las serranías que le suceden hacia el norte forman un límite natural entre la cuenca del valle de San Luis Potosí y la cuenca de Rioverde (García *et al.*, 1999). En la sierra de Álvarez predomina un clima semiseco templado con lluvias en verano, del tipo BS_1 kw (García, 1988), con precipitación media anual de 366 mm a 571 mm, un porcentaje de lluvia invernal entre 5,0% y 10,2%, y la cantidad de lluvia del mes más húmedo de la mitad caliente del año es por lo menos diez veces mayor que la del mes más seco. La temperatura media anual es de 17ºC a 18ºC, y sus variaciones diarias son de - 3ºC a 18ºC en el mes más frío (García *et al.*, 1999). Se registran dos temporadas al año, la seca de noviembre a abril y la lluviosa, de mayo a octubre; los meses de precipitación abundante coinciden con los meses de temperaturas más elevadas (Ramírez,

2000). La sierra está formada predominantemente por rocas sedimentarias (calizas y lutitas), pero en la porción sur hay manchones de rocas ígneas. Predominan los suelos de tipo litosol éutrico (García *et al.*, 1999).

Se recolectaron tallos de dos individuos de *Q. tinkhami* en la comunidad de San José de Magaña, y de tres individuos de *Q. sebifera*, a un lado del camino hacia la comunidad de El Pato, ambos pertenecientes al municipio de Armadillo de los Infante en la sierra de Álvarez, SLP. Las dos especies recolectadas pertenecen a la sección *Quercus* (Valencia, 2004) o encinos blancos. De cada especie se recolectó material botánico como ejemplares botánicos de respaldo, los cuales se procesaron y depositaron en el Herbario Isidro Palacios (SPLM) del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

La descripción general de las especies recolectadas en la sierra de Álvarez es la siguiente (García y Aguirre a, inédito):

Quercus tinkhami C.H. Müll. (Figura 2) Nombre común encino chaparro. Arbustos caducifolios de aproximadamente 3,0 m de alto, con tallos hasta de 8,0 cm de diámetro, de rectos a torcidos. Su hábitat, en la sierra de Álvarez, SLP es el bosque de galería y el bosque subhúmedo de encino, sobre sustratos de origen sedimentario e ígneo.

Figura 2. *Quercus tinkhami* C. H. Müll.

Figura 2. *Quercus sebifera* Trel.

Q. sebifera Trel. (Figura 3) Nombre común, encino. Arbustos caducifolios de aproximadamente 3,0 m de altura, tallos con diámetros hasta de 15,0 cm, rectos a ligeramente torcidos. En la sierra de Álvarez, SLP, su hábitat es el bosque de encino y crece en sustratos de origen sedimentario.

Preparación del material

Los tallos recolectados se identificaron con un número consecutivo; luego se descortezaron y se procesaron para volverlos astillas antes de que se redujera considerablemente el contenido de humedad de su madera. Posteriormente, las muestras hechas astillas se secaron al aire libre, hasta que su contenido de humedad se equilibró con el ambiente. Enseguida se pulverizaron en un molino Wiley para homogeneizarlas, se tamizaron a través de una malla número 40 y se recolectó lo que quedó retenido en un tamiz con malla número 60. El material seco y tamizado se mantuvo en bolsas selladas para minimizar los cambios en su contenido de humedad, hasta ser analizadas.

Análisis químicos

Para la determinación de los contenidos de celulosa y lignina se removieron las sustancias solubles (extractos) no estructurales mediante una extracción secuencial con disolventes con un gradiente creciente de polaridad, de acuerdo con lo establecido en la norma *Preparation of extractive free-wood*, TAPPI Test Method T 257 cm-85 (TAPPI, 1998). La muestra extraída se dejó secar

al aire libre hasta que su humedad se estabilizara con la humedad ambiental; entonces se guardó en un recipiente sellado, para minimizar sus cambios de humedad, hasta que se realizaran las determinaciones de celulosa y lignina.

El contenido de humedad (CH) de las muestras se estimó antes de cada ensayo, de acuerdo con lo establecido en la norma *Preparation of extractive free-wood*, TAPPI Test Method T 257 cm-85 (TAPPI, 1998). El método utilizado para determinar el contenido relativo de celulosa fue el desarrollado por Kuschener y Hoffer en 1929 (Browning, 1967). El contenido de lignina se realizó siguiendo lo establecido en la norma *Acid-insoluble lignin in wood and pulp*, TAPPI Test Method T 222 om-88 (TAPPI, 1998). El contenido de cenizas se determinó de acuerdo con lo que establece la norma *Ash in wood*, TAPPI Test Method T211 om-85 (TAPPI, 1998). Para la determinación de los extractos con agua caliente y con etanol-benceno se usaron las normas *Water solubility of wood and pulp*, TAPPI Test Method T 207 om-88 y *Solvent extractives of wood and pulp*, TAPPI Test Method T 204 om-88 (TAPPI 1998), respectivamente.

Para ambas especies se determinó la densidad básica relativa (DR), de acuerdo con lo establecido por la norma ASTM D-2395-94, Método B. De cada especie se seleccionaron cinco especímenes y se registró su volumen verde, esto es madera recién derribada (VV). Posteriormente, se secaron al aire bajo sombra y luego en horno eléctrico a 105°C ± 3°C, hasta que alcanzaron peso constante en dos pesadas consecutivas, con lo cual se obtuvo su peso anhidro (PA). Los valores de densidad básica están relacionados con la densidad del agua, por lo que carecen de unidades.

Todas las estimaciones químicas se hicieron en dos ensayos independientes con cuatro repeticiones. Para establecer la significación de las diferencias entre las dos especies se aplicó una prueba de F (análisis de varianza, $p \geq 95$) a los resultados obtenidos para cada atributo evaluado.

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos químicos para los compuestos estructurales y cenizas se presentan en la Tabla 1. Los resultados obtenidos para los extractos se presentan en la Tabla 2, así como los valores de densidad básica relativa.

En cuanto a que es celulosa, el compuesto estructural más abundante de la madera, el contenido relativo en *Q. tinkhami* (43,37%) fue estadísticamente similar al de *Q. sebifera* (45,72%) (Tabla 1). Menores diferencias aun se encontraron en el contenido de lignina (*Q. tinkhami*, 21,02% y *Q. sebifera*, 21,47%). En cambio, el contenido de cenizas de *Q. tinkhami* (2,67%) fue estadísticamente menor que el de *Q. sebifera* (3,22%) (Tabla 1).

Con respecto a los extractos, los que se obtuvieron con agua caliente fueron más abundantes que los separados con la mezcla de disolventes orgánicos (Tabla 2). A la vez, en ambos casos se registraron diferencias significativas entre especies. Así, los porcentajes de extractos con agua caliente en la madera de *Q. tinkhami* (7,67) y en la de *Q. sebifera* (9,16) superaron significativamente a los de *Q. tinkhami* (4,50) y *Q. sebifera* (6,13) obtenidos con la mezcla de disolventes. A la vez, el contenido relativo de extracto acuoso en la madera de *Q. sebifera* (9,16%) fue estadísticamente mayor que el de *Q. tinkhami* (7,67%), y el contenido de extractos con disolventes de *Q. sebifera* (6,13%) también superó significativamente al de *Q. tinkhami* (4,50%) (Tabla 2). La densidad relativa (pa/vv) de *Q. thinkamii* (0,735) fue significativamente mayor que la de *Q. sebifera* (0,678).

Tabla 1. Contenido (%) de celulosa, lignina y cenizas de la madera de dos especies arbustivas de encino, *Quercus tinkhami* (Qt) y *Quercus sebifera* (Qs), de la sierra de Álvarez, SLP (n = 8)

	Celulosa		Lignina		Cenizas	
	Qt	Qs	Qt	Qs	Qt	Qs
Media	48,37 a	45,71 a	21,02 a	21,47 a	2,67 a	3,22 b
Desv. est.	4,35	3,5	0,44	0,90	0,12	0,10

Los resultados con letras iguales son estadísticamente similares

Tabla 2. Extractos de la madera (%) de dos especies arbustivas de encino, *Quercus tinkhami* (Qt) y *Quercus sebifera* (Qs), de la sierra de Álvarez, SLP (n = 8)

	Extractos con agua caliente		Extractos con alcohol-benceno		Densidad básica relativa	
	Qt	Qs	Qt	Qs	Qt	Qs
Media	7,67 ac	9,19 ad	4,50 bc	6,13 bd	0,735a	0,678b
Desv. est.	0,33	0,.39	0,20	0,28	0,04	0,02

Los resultados con letras iguales son estadísticamente similares

DISCUSIÓN

Los porcentajes de celulosa y lignina encontrados en la madera de los encinos arbustivos de sierra de Álvarez (Tabla 1), son equiparables con los registrados en general para la madera de encinos mexicanos (Honorato, 2002). Específicamente para los encinos blancos mexicanos Honorato (2002) resume que el intervalo del contenido relativo de celulosa es de 51,94% a 56,43% y que el de lignina es de 19,84% a 22,57%. Los contenidos de celulosa obtenidos son también comparables a los obtenidos por Bautista y Honorato (2005) para dos encinos blancos (*Q. rugosa* del estado de Guanajuato y *Q. oleoides* del estado de Veracruz) 52,94% y 51,68%, respectivamente. Los contenidos relativos de lignina registrados por estos autores son 20,40% y 22,37%, respectivamente. Así, ambas especies estudiadas presentaron contenidos de celulosa y lignina dentro del intervalo obtenido para otros encinos blancos del país. Para algunos encinos blancos de Estados Unidos, usados en tonelería, entre ellos *Q. alba*, Rowell *et al.* (2005) presentan porcentajes de celulosa entre 40% y 47% y de lignina de 24% a 28%, de manera que los valores de celulosa obtenidos de la madera de *Q. sebifera* son similares y los de la madera de *Q. tinkhami* son más altos. En cambio, los valores de lignina de los encinos arbustivos de sierra de Álvarez son menores que los presentados por Rowell *et al.* (2005). Bodirlau *et al.* (2007) en un estudio de la composición química de varias especies maderables, establecieron que el contenido relativo de celulosa y lignina de *Q. robur*, encino blanco europeo usado en tonelería, varía de 42,79% a 45,02% y de 23,32% a 24,82%, respectivamente; así el contenido de celulosa es menor en esta especie que en *Q. sebifera* y *Q. tinkhami*, pero el porcentaje de lignina es mayor en las dos especies mexicanas.

Los contenidos de cenizas registrados en las especies estudiadas (Tabla 1) son mayores que los valores menores que 1,0%, descritos por Honorato (2002) para la madera de varias especies mexicanas de *Quercus*, y a los registrados por Bautista y Honorato (2005) para la madera de *Q. rugosa* (0,45%) y *Q. oleoides* (0,74%). La procedencia de todos los ejemplares cuyos resultados están publicados, es siempre más septentrional que los estudiados en este trabajo. Saka (2001) menciona que en la madera de especies intertropicales, la cantidad de cenizas puede llegar a ser hasta de 5%. Es posible que el contenido de cenizas encontrado se deba a que se trata de encinos meridionales, propios de ambientes subhúmedos a secos. De acuerdo con García y Aguirre (Inédito b), el hábitat de *Q. sebifera* es más seco (lomas y laderas abiertas; sustrato sedimentario) que el de *Q. tinkhami* (bosque de galería y bosques aledaños subhúmedos, sustrato ígneo y sedimentario). Así, el contenido de cenizas estadísticamente mayor de *Q. sebifera* puede representar una adaptación fisiológica a condiciones de potencial hídrico del suelo más restrictivas que las prevalecientes en el hábitat de *Q. tinkhami*. Bautista y Honorato (2005), en contraste, encontraron que para *Q. oleoides*, de clima cálido y húmedo, es más alto el contenido de cenizas, pero siempre menor que 1,0%; sin embargo, esta especie está vinculada a suelos muy restrictivos sobre afloramientos ígneos (Pennington y Sarukhán, 2005). En comparación con los contenidos de cenizas que presentan Rowell *et al.* (2005) para algunos encinos blancos de Estados Unidos (0,3% a 1,2%), los calculados en este estudio son mayores. Esto concuerda con lo señalado por Saka (2001) de que las especies maderables intertropicales presentan mayores contenidos de sustancias inorgánicas que las boreales. En efecto, Bodirlau *et al.* (2007) encontraron en *Q. robur*, porcentajes de

cenizas entre 0,14% y 1,30%, valores menores que los registrados para *Q. tinkhami* y *Q. sebifera*.

Los extractos de la madera son sustancias sin una función estructural completamente conocida; pueden ser grasas, grasas ácidas, alcoholes grasos, fenoles, terpenos, esteroides, resinas ácidas, ceras y otros componentes orgánicos menores (Rowell *et al.*, 2005). En la mayoría de las especies, el porcentaje de los extractos en el peso seco de la madera, es menor que 10%; sin embargo, en algunas puede llegar hasta 30% (Reyes *et al.*, 1987 y FPL, 1999).

Los extractos removibles con disolventes orgánicos incluyen resinas, ácidos grasos y sus ésteres, ceras, sustancias no saponificables, colorantes, hidrocarburos no volátiles, carbohidratos de bajo peso molecular y algunas sales (Saka, 2001). El contenido relativo de extractos con los disolventes orgánicos en la madera de *Q. tinkhamii*, (4,50%) es cercano al punto medio del intervalo (2,79% a 5,24%) recopilado por Honorato (2002), y del encontrado por Bautista y Honorato (2005) (3,05% y 4,82%) para dos encinos blancos, *Q. rugosa* y *Q. oleoides*, respectivamente. En cambio, el porcentaje registrado para *Q. sebifera* (6,13%) supera claramente el límite mayor de dicha amplitud. La diferencia significativa entre la madera de ambas especies (Tabla 2), puede estar igualmente relacionada con la diferencia correspondiente en el contenido de cenizas, esto es, que el mayor contenido de extractos en la madera de *Q. sebifera* contribuye probablemente a generarle una mayor capacidad osmótica y por lo tanto una mayor tolerancia a la aridez (Baeza y Freer, 2001; Braun-Blanquet, 1979 y Weiler, 2004), y que la mayor riqueza de cenizas se relacione también con la posibilidad de la reutilización de los nutrientes de la albura cuando hay escasa disponibilidad de los mismos en el suelo (Penninckx *et al.*, 2001).

Entre los extractos que son removidos con agua se encuentran carbohidratos solubles, algunos ácidos inorgánicos, materiales fenólicos, y algunas sustancias inorgánicas (Baeza y Freer, 2001). El agua lava algunos compuestos también removibles con disolventes orgánicos (Rowell *et al.*, 2005), lo que sumado a la mayor presencia de sustancias como polisacáridos o flavonoides, los cuales son muy solubles en agua (Browning, 1967), puede explicar la diferencia entre los obtenidos con agua y con los disolventes orgánicos en las maderas de este estudio.

El porcentaje de las sustancias extraídas con agua caliente en la madera de *Q. tinkhami* (7,67) está cerca del límite superior del intervalo para otros encinos blancos mexicanos que resume Honorato (2002) (4,99 a 7,76), y del que registraron Bautista y Honorato (2005) para *Q. rugosa* y *Q. oleoides* (4,97 y 7,97). Asimismo, dicho porcentaje se encuentran dentro del intervalo presentado por Rowell *et al.* (2005) para los encinos blancos estadounidenses (6,0 a 9,0), y por Bodirlau *et al.* (2007) para *Q. robur* (7,56 a 8,12). En cambio, el porcentaje registrado para *Q. sebifera* (9,19) supera claramente todos los valores consignados. Al igual que los extractos con agua caliente, el mayor contenido relativo de los extractos con disolventes orgánicos puede ser una respuesta de adaptación a suelos áridos (Baeza y Freer, 2001; Braun-Blanquet, 1979 y Weiler, 2004).

La densidad relativa de las dos especies (0,735 de *Q. tinkhami* y 0,678 de *Q. sebifera*) está dentro de los valores registrados para otros encinos blancos en el país 0,688 a 0,818 (Bárcenas y Dávalos, 2001); está dentro de los valores de los encinos estadounidenses (0,66 a 0,72)

presentada en FPL (1999) pero es mayor que la de *Q. robur* (0,50 a 0,66), encino blanco europeo (Bodirlaw *et al.*, 2007). De acuerdo con la clasificación de Dávalos y Bárcenas (1999) para maderas mexicanas la densidad de *Q. tinkhami* es muy alta (> 0,700) y la *Q. sebifera* es alta (0,550 a 0,690). La densidad más alta de *Q. tinkhami* se puede atribuir a su mayor densidad de fibras que de vasos o a sus paredes celulares más gruesas (Panshin y DeZeew, 1980) pues sus porcentajes de compuestos estructurales y extractos fueron menores que los de *Q. sebifera*.

Este trabajo constituye una aportación pionera significativa sobre el conocimiento de las características la madera de estas dos especies arburstivas en particular y de las especies de encino de la sierra de Álvarez de San Luis Potosí, que por las condiciones de aridez en las que crecen contrastan con las características de la madera de otras especies del mismo género nativas de climas más húmedos.

CONCLUSIONES

Los contenidos relativos de celulosa, lignina y cenizas en la madera de *Q. tinkhami* fueron 48,37%, 21,02% y 2,67%, respectivamente. Los porcentajes de extractos fueron 7,67% para los removidos con agua caliente y 4,50% con disolventes orgánicos.

Para *Q. sebifera* los porcentajes obtenidos fueron 45,71 de celulosa, 21,47 de lignina, 3,22 de cenizas, 9,19 de extractos con agua caliente, y 6,13 con la mezcla de etanol-benceno.

Los contenidos relativos de celulosa y lignina de *Q. thinkami y Q. sebifera* fueron estadísticamente similares.

Q. sebifera superó estadísicamente a *Q. tinkhami* en contenido relativo de cenizas y de extractos removidos con agua caliente y con disolventes orgánicos.

Los contenidos de celulosa y lignina de *Q. tinkhami* y *Q. sebifera* son comparables con los publicados para la madera de otras especies de encinos blancos mexicanos y latitudes más septentrionales.

Los contenidos de cenizas y extractos en la madera de *Q. sebifera* son más altos que los registrados para otros encinos blancos mexicanos y de otras latitudes y parecen estar relacionados con su mayor tolerancia a las condiciones de aridez.

La densidad relativa de las dos especies (0,735 de *Q. tinkhami* y 0,678 de *Q. sebifera*) está dentro de los valores registrados para otros encinos blancos en el país; es mayor que la de los encinos estadounidenses y que la de *Q. robur*, encino blanco europeo. La densidad de *Q. tinkhami* es muy alta y la de *Q. sebifera* es alta.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el financiamiento proporcionado por el Fondo de Apoyo a la Investigación (CO5-FAI-10·24·45) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT 2006-41801 al proyecto "Evaluación de la madera de encino blanco para la maduración de bebidas destiladas".

REFERENCIAS

American Society for Testing Materials. 2002. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials D-2395. Annual

Book of ASTM Standards, Vol 04.10. Philadelphia, USA. 8 p.

Baeza J. y J. Freer. 2001. Chemical characterization of wood and its components. In: Hon, D. N. S. y N. Shiraishi (Eds.). Wood and cellulosic chemistry. 2nd ed. Marcel Dekker. New York. pp. 275-384.

Bárcenas P., G. y R. Dávalos S. 2001. Shrinking values for 106 mexican woods. Journal of Tropical Forest Products 7(2):126-135.

Bárcenas P., G. M. 2002. Efecto del contenido de lignina, extractos, radios y densidad relativa en las contracciones de cinco especies de madera. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. de México. México. 61 p.

Bautista H., R. y J. A. Honorato S. 2005. Composición química de la madera de cuatro especies del género *Quercus*. Ciencia Forestal 30(98):25-50.

Bodirlau, R., I. Spiridion y C. A. Teaca. 2007. Chemical investigation of wood tree species en temperate forest in East Northern Romania. BioResources (2):41-57.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ediciones Blume, Madrid. 820 p.

Browning, B. L. 1967. Methods of wood chemistry. Interscience Publishers. New York. Vol. I. 384 p.

Carter, A. 1953. Los encinos de Baja California. Boletín de la Sociedad Botánica de México 56:39-42.

Castillo L., P. 2003. Encinares de sierra de Álvarez, S.L.P.: caracterización y dinámica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 122 p.

Castillo L., P., J. A. Flores C., J. R. Aguirre R. y R. I. Yeaton H. 2008. Dinámica del encinar de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. Madera y Bosques 14(1):21-36.

Dávalos S., R. y G. M. Bárcenas P. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición seca. Madera y Bosques 5(1):61-69.

De la Paz P. O., C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanas. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 266 p.

Delgado F., E. 1980. Estudio analítico de los carbohidratos de cuatro especies de encino. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 104 p.

Forest Products Laboratory (FPL). 1999. Wood as engineering material. Agricultural Handbook No. 72. Forest Service, US Department of Agriculture. Madison, WI. USA. 387 p.

Fuentes M., J. G. 1980. Estudio analítico de los carbohidratos de la madera de *Quercus resinosa*. Tesis profesional, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 109 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema Köppen-García (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Larios, México, D.F. 219 p.

García S., F. 1995. Los encinos del valle de San Luis Potosí. II Seminario Nacional sobre utilización de los encinos. INIFAP/SARH Reporte científico número especial 15 Vol. I. UANL. Linares, Nuevo León. México. pp. 895-930.

García S., F., J. R. Aguirre R., J. Villanueva D. y J. García P. 1999. Contribución al conocimiento florístico de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. Polibotánica 10:73-103.

García S., F y J. R. Aguirre R. Los árboles de la sierra de Álvarez, SLP. 230 p. Inédito a.

García S., F y J. R. Aguirre R. Los arbustos de la sierra de Álvarez, SLP. 1461 p. Inédito b.

Honorato S., J. A. 2002. Química de la madera de encinos. In: Quintanar O., J. (Ed.). Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro técnico No. 2. INIFAP-CIRCE. Campo experimental Sn. Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. pp. 86-106.

Martínez, M. 1981. Los encinos de México. Anales del Instituto de Biología. 2a. ed., Comisión Forestal de Michoacán. México. Serie Técnica No. 8. 358 p.

Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. In: T.P. Ramamoorthy, T. P.; R. Bye; A. Lot y J. Fa (Eds.). Biological diversity in Mexico: origin and distribution. Oxford University Press. New York. pp. 447-458.

Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1980. Textbook of wood technology. Structure, identification, properties, and uses of the United States and Canada. McGraw-Hill, New York. 722 p.

Pennington, T y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. UNAM/Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 p.

Penninckx, V., S. Glineur, W. Gruber, J. Herbauts y P. Meerts. 2001. Radial variation in wood mineral element concentrations: a comparison of beech and pedunculate oak from Belgian Ardennes. Annals of Forests Science 58:253-260.

Quintanar O., J. (Ed.). 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro técnico No. 2. INIFAP- CIRCE. Campo experimental Sn. Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. 194 p.

Ramírez T., H. M. 2000. Análisis estructural del bosque de encino de la sierra de Álvarez, S.L.P. Tesis profesional, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 46 p.

Reyes Ch., R., V. Pérez M. y S. del Ángel B. 1987. Influencia de los extractos en la resistencia natural de seis maderas tropicales al hongo de pudrición morena *Lenzites trabea*. Biótica 12(1):7-20.

Rowell, R. M., R. Pettersen, J. S. Han, J. S. Rowell y M. A. Tshabalala. 2005. Cell wall chemistry. In: Rowell, R. M. (Ed.). Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA. pp. 35-74.

Rutiaga Q., J. G., E. Windeisen y C. Strobel. 2000a. Composición química del duramen de la madera de *Quercus candicans* Neé. Madera y Bosques 6(2):73-80.

Rutiaga Q., J.G., C. Strobel, E. Windeisen y G. Wegener. 2000b. Composición

química de la madera de un encino. En: Memorias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango, Dgo. México. pp. 93-94.

Saka, S. 2001. Chemical composition and distribution. In: Hon, D. N. S. y N. Shiraishi (Eds.). Wood and cellulosic chemistry. 2nd ed. Marcel Dekker. New York. pp. 51-81.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Solvent extractives in wood and pulp. TAPPI Test Method T 204 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 3 p.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Water solubility of wood and pulp. TAPPI Test Method T 207 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 2 p.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Ash in wood and pulp. TAPPI Test Method T 211 om-85. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 2 p.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI Test Method T 222 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 3 p.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Preparation of extractive free-wood. TAPPI Test Method T 257 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 4 p.

Valencia A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:33-53.

Weiler, E. W. 2004. Fisiología del metabolismo. In: Sitte, P.; E. W. Weiler; J. W. Kadereit; A. Bresinsky y C. Korner. Strasburger Tratado de Botánica. 35a ed. Ed. Omega. España. pp: 223-359.

Zavala Ch., F. 1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado. Ciencia y Desarrollo 16(95): 43-51.

Manuscrito recibido el 10 de enero del 2008
Aceptado el 14 de junio del 2008

Este documento se debe citar como:
Bárcenas-Pazos, G. M., R. Ríos-Villa, J. R. Aguirre-Rivera, B. I. Juárez-Flores y J. A. Honorato-Salazar. 2008. Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México. Madera y Bosques 14(3):81-94.

ENSAYO

Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable

Mexican non-wood forest products: economic aspects for sustainable development

Estrella del Carmen Tapia-Tapia[1] y Ricardo Reyes-Chilpa*[2]

RESUMEN

El interés en los Productos Forestales No Maderables (PFNM) ha aumentado con la creciente conciencia sobre la deforestación de los bosques y la necesidad de diversificar e incrementar el valor de los recursos forestales. Los PFNM incluyen productos importantes en la vida diaria de las comunidades locales; además, generan ingresos y empleos complementarios. En el presente trabajo se revisa la información disponible sobre los PFNM en México, con el fin de distinguir tendencias en su producción y contribuir a generar propuestas que incentiven su aprovechamiento sustentable. De acuerdo a fuentes oficiales, en México existen 20 000 especies vegetales, 950 proporcionan PFNM útiles, pero sólo el 10% de esta última cifra se comercializa y está regulada. Actualmente se distinguen siete categorías de PFNM. En el periodo 1985-2003, la producción anual promedio de PFNM fue 135 667 toneladas. La categoría "otros productos" ocupó el primer lugar, seguida por "resinas", "fibras", "ceras", "gomas" y "rizomas". En dicho periodo, la producción de "resinas" tendió a ser constante, la de "fibras" y "ceras" disminuyó paulatinamente, pero la de "gomas" y "rizomas" se redujo drásticamente. En 2003, el valor total nacional de los PFNM fue $498 098 712 pesos. "Otros productos" y "resinas" aportaron el 68,9% y 22,5% del valor total, respectivamente. En contraste, "tierra de monte" representó 62,3% en volumen, pero apenas 2,6% del valor total. Se concluye que la información oficial sobre PFNM es escasa e incompleta, por lo que es necesario realizar una nueva categorización y desagregar "otros productos", que incluye numerosos bienes importantes mal estimados, como las plantas medicinales.

PALABRAS CLAVE:
Economía, México, Productos Forestales No Maderables.

ABSTRACT

The importance of Non Timber Forest Products (NTFP) has increased along with growing concern on deforestation, and the need to diversify and increase the value of forest resources. The NTFP include a number of products which are important in the daily life of local communities, because they contribute to obtain additional earnings and employment. In the present investigation, the available NTFP information for Mexico is reviewed, in order to identify production patterns, and to contribute to generate sustainable management proposals. According to governmental sources, in Mexico there are 20 000 plant species, 950 of them provide NTFP, but only 10% of this last figure has commercial value and is subjected to regulation. Currently, NFTP are classified in seven categories. In the period 1985-2003, NFTP mean annual production was 135 667,158 tons. The category "other

1 Facultad de Economía. Correo electrónico: estatablue@yahoo.com.mx,
2* Departamento de Productos Naturales, Instituto de Química, Correo electrónico: chilpa@servidor.unam.mx.Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. Coyoacán 04510. México D.F.
* Dirección para correspondencia.

products" was the most important, followed by "resins", "fibres", "waxes", "gums" and "rhizomes". During this period, the production of "resins" tended to be stable, "fibres" and "waxes" tended to decline, but "gums" and "rhizomes" fall down. In 2003, the NFTP national value was $498 098,712 pesos. The categories "other products" and "resins" accounted for 68,9% and 22,5%, respectively of total value. In contrast, "forest soil" (used for gardens) represented 62,3% of production in tons, but accounted only for 2,63% of the total PFNM value. It is concluded that NTFP official information is scanty and incomplete. Because of this, it is necessary to develop a new classification, especially to divide "other products", since it includes a number of important products not properly quantified, such as medicinal plants.

KEY WORDS:
Economy, Mexico, Non Timber Forest Products.

INTRODUCCIÓN

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), también llamados Beneficios Forestales No Madereros, son "Todos los productos y servicios vegetales y animales, excluida la madera rolliza industrial y la madera para energía, derivados de los bosques y otras tierras forestadas y de árboles fuera del bosque" (Consulta de Expertos sobre PFNM celebrada en Tanzania, Octubre de 1993). Es decir, los PFNM constituyen una colección de recursos biológicos que incluye una gran variedad de beneficios, como por ejemplo: frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros, específicos de las áreas donde son recolectados (De Beer y McDeermont, 1989). En muchas partes del mundo estos recursos son indispensables para los habitantes más pobres, quienes constituyen los actores principales en la extracción de los PFNM, pudiendo constituir su única fuente de ingresos personales (FAO, 1995 y Ros-Tonen, 1999).

A través de los PFNM, la biodiversidad forestal juega un papel importante en el alivio de la pobreza de las comunidades marginadas y dependientes de dichos productos. Los PFNM contribuyen a los medios de vida, incluyendo a la seguridad alimentaria, la salud, el bienestar y los ingresos (FAO, 1995 y Falconer, 1996). Por esta razón, a finales de los años 1980 y comienzos de los 1990, se propuso investigar de qué forma las zonas forestales, especialmente los bosques tropicales, podrían resultar económicamente atractivos para las poblaciones locales, a fin de desincentivar la deforestación (Nepstad y Schwartzman, 1992; Padoch, 1992 y Plotkin y Famolare, 1992). En 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la "Cumbre de la Tierra", identificó a los PFNM como un área importante que requería una acción concertada, con el fin de asegurar su potencial para contribuir al desarrollo económico y a la generación de empleo e ingresos de manera sustentable (Principios Forestales, capitulo 11 de la Agenda 21, CNUMAD).

No obstante, lograr la conservación forestal sostenible depende de la capacidad de reconciliar la productividad ecológica del ecosistema con la explotación humana. La coincidencia geográfica de áreas de alta densidad poblacional, pobreza y/o dependencia de los recursos naturales, en muchas ocasiones confronta al bienestar económico-social con la sustentabilidad de la naturaleza. Estudios recientes han documentado que las áreas más ricas en biodiversidad, consideradas como las más necesitadas de conservación, por su naturaleza propia, presentan una alta diversidad de especies con una baja cantidad de individuos. Esto no es lo ideal para la cosecha comercial pues dificulta la recolección y los rendimientos rara vez son viables

económicamente (Neumann y Hirsch, 2001). Por esta razón, existe una necesidad urgente de reorientar el manejo de los productos forestales, mediante la disminución de los diversos impactos negativos y el cambio del enfoque de ganancias a corto plazo, hacia la prevención de la pérdida de los medios de vida de quienes dependen de estos medios de subsistencia u obtienen ingresos del comercio de las zonas forestales.

En este contexto, las investigaciones socioeconómicas que contribuyen al entendimiento de las preferencias, de las redes comerciales y de la estructura y las funciones de los mercados, son claves para proponer el manejo y conservación de los recursos y diseñar programas de desarrollo rural para las especies comercializadas. El saber cuáles especies son vendidas, con qué precios y en qué cantidades no es suficiente. Se necesita también identificar los recursos, tanto tradicionales como potenciales, su distribución geográfica y áreas donde tienen un uso tradicional, saber quiénes están involucrados en la comercialización a lo largo de las cadenas comerciales (las cuales muchas veces son bastante complicadas), conocer cómo este proceso está organizado y de qué forma ocurren, y probablemente cómo ocurrirán los cambios en la demanda y oferta en el futuro (Cunningham, 2001).

México destaca entre los países con mayor número de plantas vasculares del mundo, con 23 522 especies, aunque esta cifra podría alcanzar las 31 000 especies (CONABIO, 2006). A lo largo del tiempo, dichos recursos bióticos han sido motivo de gran interés y trabajo por parte de los científicos e interesados en las ciencias naturales, prueba de ello son los numerosos textos escritos a partir del siglo XVI, como el Libellus Medicinalibus Indorum Herbis (1552) cuyo autor fue el médico indígena Martín de la Cruz (Bejar *et al.,* 2000). Hasta libros contemporáneos donde se describen algunos de los principales PFNM del país (López, Chanfón y Segura, 2005). No obstante, en México los PFNM constituyen un recurso que ha sido ignorado por los tomadores de decisiones. Existen grandes dificultades para desarrollar políticas públicas, sistemas de cosecha, producción, mercados y mecanismos para incentivar su comercialización y uso sustentable. Un instrumento básico para empezar a atacar estos problemas, es contar con un buen sistema de información estadística sobre PFNM. La información con que se cuenta, es difícil de consultar debido a que no existe un sistema exclusivo para la recopilación de datos, puesto que estos se obtienen a través de la documentación forestal general, de la cual no se tiene pleno control, ni continuidad, ocasionando con ello vacíos importantes en la información. Esta situación debe cambiar, antes de que el potencial de los PFNM se contabilice como un costo de oportunidad en la explotación de los bosques y selvas en México. En esta perspectiva, en el presente trabajo se compila y analiza la información estadística sobre los PFNM en México disponible para el periodo 1980 a 2003, con el fin de identificar tendencias en la producción. Se examina de forma crítica la categorización oficial existente sobre los PFNM y se esboza una propuesta para que la investigación sobre dichos recursos se traduzca en su aprovechamiento sustentable.

METODOLOGÍA

Para integrar este ensayo, se consultaron diversas fuentes de información secundaria. Principalmente, la que recopilan las instituciones mexicanas que tienen relación con las estadísticas de los PFNM. Por ello, para el periodo 1986-1989, se consultó la de SEMARNAP. Para 1990-1993, la de SARH. Compendio

Estadístico de la Producción. 1989-1993, INEGI. Para 1993-2003, el Anuario Estadístico Nacional INEGI. También se revisaron estudios previos que compilan información estadística sobre los PFNM que comprenden el periodo 1990-1998, incluyendo el marco legal y el contexto social (cf. Torres-Rojo y Zamora, 2001 y García-Peña, 2001).

RESULTADOS

Diversidad de los PFNM

Con base en numerosos estudios etnobotánicos y florísticos, se estima que en México existen aproximadamente 5 000 plantas útiles y 215 especies de hongos comestibles, de un total estimado de 30 000 especies de fanerógamas y de 120 000 a 140 000 especies de hongos (Rzedowski, 1992 y Guzmán, 1995). También se estima que aproximadamente 3 100 especies vegetales se emplean o se han empleado en México con fines medicinales (INI, 1994 y Bejar *et al.*, 2000). En contraste, fuentes oficiales consultadas, como de SEMARNAP, señalan que de las 20 000 especies vegetales existentes en el país, sólo 950 proporcionan PFNM útiles y únicamente el 10% de éstas se comercializa y está sujeto a alguna forma de regulación gubernamental. Es decir, la mayoría de los PFNM son de uso local (Tabla 1). La mayoría de estos productos se obtienen por recolección, generan beneficios precarios y estacionales, en algunas zonas representan la única fuente de ingresos de las familias campesinas. En el caso de los PFNM para el autoconsumo, se desconoce su impacto económico en las comunidades locales por no estar cuantificado.

Los PFNM comprenden por definición una gran variedad de especies, materiales y substancias. Sin embargo, actualmente los registros oficiales sólo distinguen siete categorías, de las cuales seis son individuales y una general (Tabla 2). Las categorías reconocidas son: 1) "Resinas" se extraen de algunas especies de los géneros *Pinus* y *Abies*; 2) "Fibras" para cordelería, textiles, etc.; 3) "Gomas" utilizadas en la industria alimenticia, así como en ungüentos, bálsamos, cosméticos y pegantes; 4) "Ceras" por ejemplo, candelilla *(Euphorbia antisiphylitica)*;5) "Rizomas" empleados tanto para la extracción de substancias de interés farmacéutico (por ejemplo *Dioscorea composita*), como para uso alimenticio

Tabla 1. Especies que Proporcionan PFNM en México

Ecosistema	Número de especies	Especies útiles actualmente	Especies de uso comercial	Especies de uso doméstico y regional
Selvas	10 000	200	30	170
Bosques Templados-Fríos	7 800	300	30	270
Zonas Áridas y Semiáridas	2 200	450	25	425
Totales	20 000	950	85	865

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. En línea: http://www.semarnat.com.

(Aráceas); 6) "Tierra de monte" mezcla de diferentes suelos forestales que se demanda para jardines, parques, hogares y viveros; 7) "Otros productos", categoría general que abarca una gran diversidad de bienes tales como frutos, hongos, semillas, plantas medicinales, plantas ornamentales y muchos años también incluyó "tierra de monte".

Producción de PFNM (1985-2003).

Se revisaron las estadísticas oficiales existentes respecto a la producción de PFNM para el periodo 1980-2003. Sin embargo, no se encontraron datos para los años 1981-1984 y sólo existen datos generales para el periodo de 1986-1989. El periodo mejor documentado es

Tabla 2. Usos y Categorías de los Principales PFNM de México

Productos con alto potencial en desarrollo[1]	Productos con alto potencial para desarrollar [2]
Selvas	
Pimienta (*Piper* sp.) (condimento) [7] Palma real (*Sabal mexicana)* (ornamental) [7] Palma palapa *(Orbignya guacuyule)* (construcción) [7] Palma camedor *(Chamaedorea elegans)* (ornamental) [7] Cascalote *(Caesalpina cacalaco)*(forrajería, industria farmacéutica) [7]	Chicle *(Manilkara zapota*) (industria alimenticia) [7] Barbasco *(Dioscorea mexicana)* (industria farmacéutica – extracción de sapogeninas) [5] Bambú (*Olmeca recta, Otatea acuminata, Alonemia clarkie)* (Construcción y ornamental) [7] Tepescohuite (*Mimosa tenuiflora)* (medicinal - cosmético) [7] Memela o "rattan mexicano" *(Clusia spp.)* (Construcción) [7]
Bosques Templados – Fríos	
Resina de pino *(Pinus spp.)* (industria química) [1] Hongo blanco *(Tricholoma magnivelare)* (comestible) [7] Heno *(Tillandsia spp., Clitoria ternatea L.)*(ornamental) [7] Vara de perlilla (*Simphoricarpus microphyllum)*(industrial/artesanal- escobas) [7] Musgo (*Polytrichum spp., Hypnum, Thuidium, Leptodontium* y *Campylopus)* (ornamental) [7]	Hongos (comestible) [7] Laurel *(Nerium oleander)* (condimento, industria – alimenticia / cosmética / farmacéutica) [7] Raíz de zacatón *(Muhlenbergia spp.)*(artesanal – fabricación de escobetillas) [5] Nuez *(Juglans spp.)*(comestible) [7] Pingüica *(Arctostaphylus spp.)* (medicinal) [7]
Zonas Áridas y semiáridas	
Candelilla *(Euphorbia antisiphylitica)* (industria cosmética) [4] Lechuguilla *(Agave lechuguilla)* (industria cosmética – saponinas para jabones y como fibra para la fabricación de cuerdas) [2] Palmilla *(Yucca schidigera)*(industria alimenticia: espumantes, industria farmacéutica: esteroides) [7] Orégano *(Lippia graveolens H.B.K.)*(condimento) [7] Maguey *(Agave salmiana)* (artesanal/industrial - bebidas fermentadas) [7]	Jojoba (*Simmondsia chinensis*) (industria – alimenticia / cosmética / farmacéutica) [7] Sábila *(Aloe vera)* (industria – alimenticia / cosmética / farmacéutica) [7] Nopal *(Opuntia spp.)* (industria – alimenticia / cosmética / farmacéutica) [7] Damiana *(Tumera diffusa Willd)* (medicinal) [7] Cortadillo *(Nolina cespitifera)* (ornamental, forrajero) [7] Piñón *(Pinus spp.)* (comestible) [7]
Categoría: [1] Resinas, [2] Fibras, [3] Gomas, [4] Ceras, [5] Rizomas, [6] Tierra de Monte, [7] Otros productos. [1] Bajo comercialización, la mayoría cuenta con investigación sobre usos, fuentes, manejo y mercados; la mayoría son productos unitarios, es decir con un uso o fin único. [2] Bajo comercialización, la mayoría cuenta con información sobre usos, fuentes, manejo, pero no sobre mercados; con potencial de diversificación de productos, es decir, para diversos usos y/o fines.	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. En línea: http://www.semarnat.com.

de 1990 a 2003. Pero a partir del 2004 la información es mínima o nula en los registros de las dependencias oficiales que usualmente la recopilaban. La información existente, que tiende a ser más continua, contempla datos de "resinas, fibras, ceras y gomas" (Tabla 3).

En el periodo 1985-2003, la producción total de PFNM en México fue de 2 577 676 toneladas, la producción anual promedio se estimó en 135 667 158 toneladas. Las variaciones anuales se mostraron inconstantes de 1985 a 1990, decrecientes de 1991 a 1996 y crecientes de 1997 al 2001, exponiendo una variación anual promedio del 34,71%; siendo el periodo 1999-2000 el de mayor crecimiento (66% de crecimiento respecto al año anterior). No obstante, durante el periodo 2001-2002 se presentó un importante declive en la producción no maderable, con un promedio anual de -48%. Del 2002 al 2003 se observa de nuevo un enorme incremento en la producción, estimado en 80,74%, principalmente, debido a la contribución de "otros productos" (Tabla 3).

A lo largo del periodo 1985-2003, las "resinas", como categoría individual, ocupó el primer lugar por su producción (toneladas) seguida por "fibras, ceras, gomas y rizomas". Sin embargo, la producción de "resinas" fue en todos los años inferior a la categoría general "otros productos". La producción de "resinas" se mantuvo más o menos constante en el orden de 30 000 toneladas a lo largo de este periodo, mientras que la de "fibras y ceras", tendió a disminuir. La producción de "gomas y rizomas" mostró una tendencia decreciente aún más aguda. Cabe destacar que la producción de "rizomas" fue nula de 1997 al 2001 (Tabla 3).

Producción por entidades federativas (2003)

Las estadísticas más completas sobre los PFNM son las de 2003 y se emplean en este trabajo para analizar su producción bajo diferentes perspectivas. En cuanto a entidades federativas, el Distrito Federal, considerada en su mayoría zona urbana, paradójicamente es la entidad con mayor producción de PFNM con 102 467 toneladas (39,51% del *Total Nacional* (TN) = 259 376 ton), pero únicamente por concepto de "tierra de monte" la cual constituyó el 100% de su producción no maderable. Consecutivamente se encuentran Michoacán con 35 229 ton (13,60% del TN) principalmente constituida por "resinas" (93,75% del *Total de la Producción por Entidad* (TPE)) y "otros productos" (6,24% del TPE); Morelos con 27 714 ton (10,68% del TN) por concepto de "tierra de monte" (100% del TPE); Sonora con 21 379 ton (8,24% del TN) por "tierra de monte" (95,46% del TPE) y "otros productos" (4,53% del TPE) y Veracruz con 19 723 ton (7,60% del TN), por concepto de "otros productos" (100% del TPE). Es importante hacer notar que las cinco entidades, anteriormente señaladas, representaron el 79,61% del total de la producción nacional no maderable en el 2003.

Volumen de producción (2003)

En términos de cantidad, el PFNM más importante en México es la "tierra de monte" con 161 796 ton (62,37% del Total Nacional), le siguen "otros productos" con 61 878 ton (23,85% del TN), "resinas" con 33 769 ton (13,01% del TN), "fibras" con 1 448 ton (0,55% del TN), "ceras" con 476 ton (0,18% del TN) y "rizomas" con apenas 2 ton (0,0007% del TN) (Figura 1). Desde el punto de vista ecológico, cabe preguntarse bajo qué criterios o regulación se efectúa la obtención y comercialización de tierra de monte.

Periodo	Total	Resinas	Rizomas	Fibras	Ceras	Gomas	Otros [b]
1980*	51 942	35 965	1 390	3 680	2 573	531	7 803
1985*	66 824	43 463	1 760	6 171	657	186	14 587
1986*	61 049	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1987*	73 204	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1988*	106 546	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1989*	74 088	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1990	194 702	33 306	389	7 238	2 230	449	151 090
1991	167 486	29 248	879	5 477	2 059	457	129 366
1992	148 688	27 396	474	4 157	1 580	421	114 660
1993	143 467	31 034	13	2 708	2 260	314	107 138
1994	111 346	36 731	0	1 963	1 789	393	70 470
1995	104 356	21 605	168	4 039	1 259	211	77 074
1996	81 534*	20 633	227	3 017	1 832	209	57 448
1997	89 260	21 456	0	2 023	311	181	65 289
1998	95 962	24 469	0	3 618	1 134	76	66 665
1999	142 944	30 070	0	1 756	309	0	110 809
2000	237 043	36 281	0	454	5 779	12	194 517
2001	276 292	35 012	0	840	50	7	240 383
2002[P]	143 508*	35 781	281	1 135	392	11	105 908
2003	259 377	33 769	2	1 448	476	8	223 674

* Incluye: resina, fibras, gomas, ceras, rizomas y otros productos (estos no incluyen tierra de monte).
[P] Cifras preliminares.
[b] Incluye semillas, hojas, pencas, tallo y tierra de monte.
ND: No hay datos.
* Errores en los totales del Anuario Estadístico Nacional, corrección de 1,833 toneladas menos.

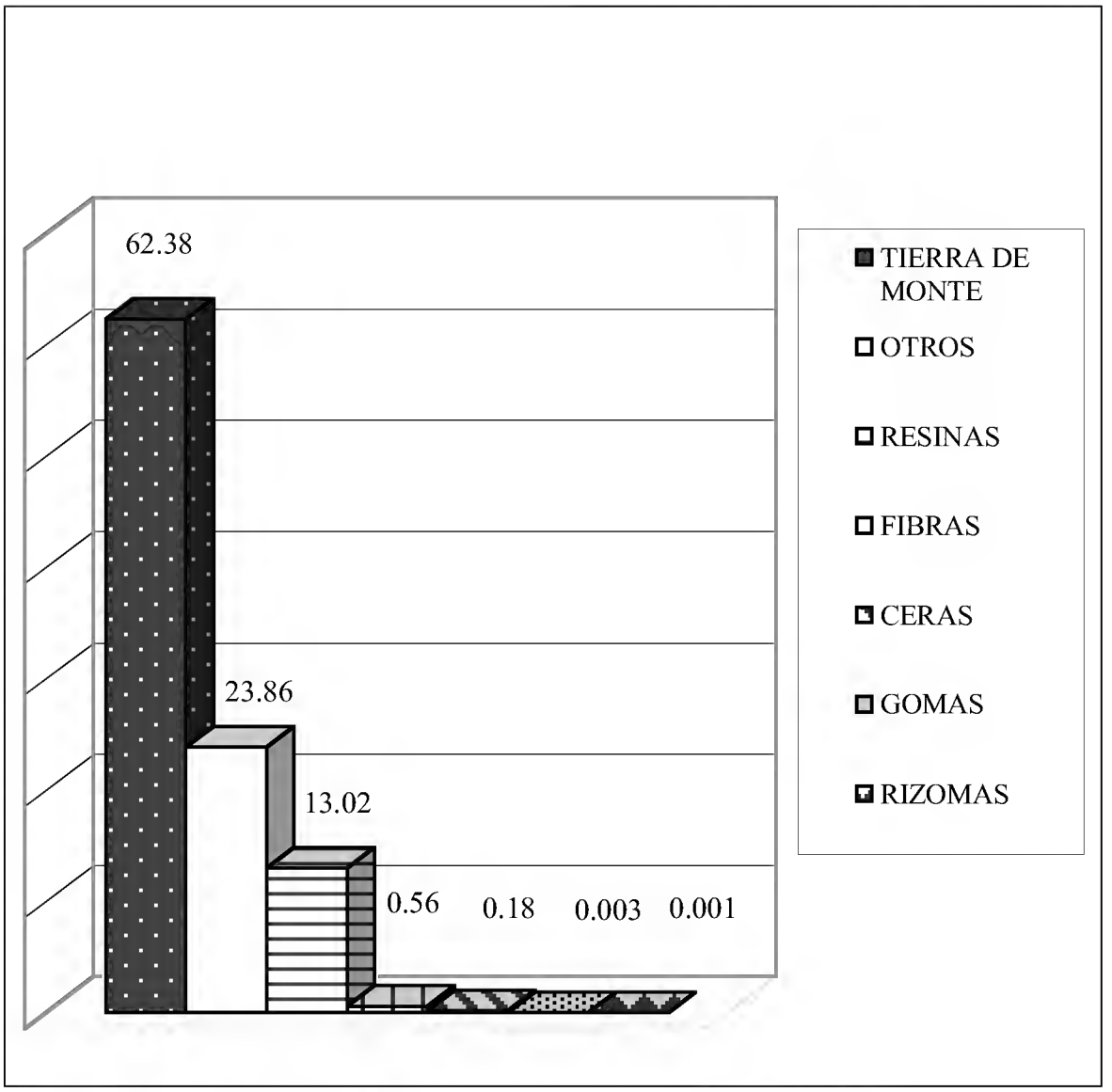


Figura 1. Producción No Maderable en toneladas por grupo de productos (% del total de la producción nacional)

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003).

La entidad con mayor producción de "tierra de monte" es el Distrito Federal con 102 467 ton (63,33% del Total Nacional por Grupo de Productos (TNGP) = 161 796); "otros productos", Veracruz con 19 723 ton (31,87% del TNGP = 61 878); "resinas", Michoacán con 33 029 ton (97,80% del TNGP = 33 769); "ceras", Coahuila con 476 ton (100% del TNGP = 476); "fibras", Tamaulipas con 763 ton (52,69% del TNGP = 1 448); "gomas", Campeche con 8 ton (100% del TNGP); y "rizomas", Tamaulipas con tan sólo 2 ton (100% del TNGP).

Valor de producción (2003)

El Total del Valor de la Producción Nacional No Maderable (TVPNNM) en 2003 se estimó en $498 098 712 pesos mexicanos. La categoría más importante en términos de su valor económico es "otros productos" con $343 470 700 pesos (68,95% del TVPNNM), seguida por "resinas" con $112 337 276 (22,55% del TVPNNM). Las categorías restantes presentan una contribución muy reducida, por ejemplo "fibras" con $18 440 342 (3,70% del TVPNNM), "tierra de monte" con $13 114 327 (2,63% del TVPNNM), "ceras" con $10 472 066 (2,10% del TVPNNM) y finalmente "gomas" con

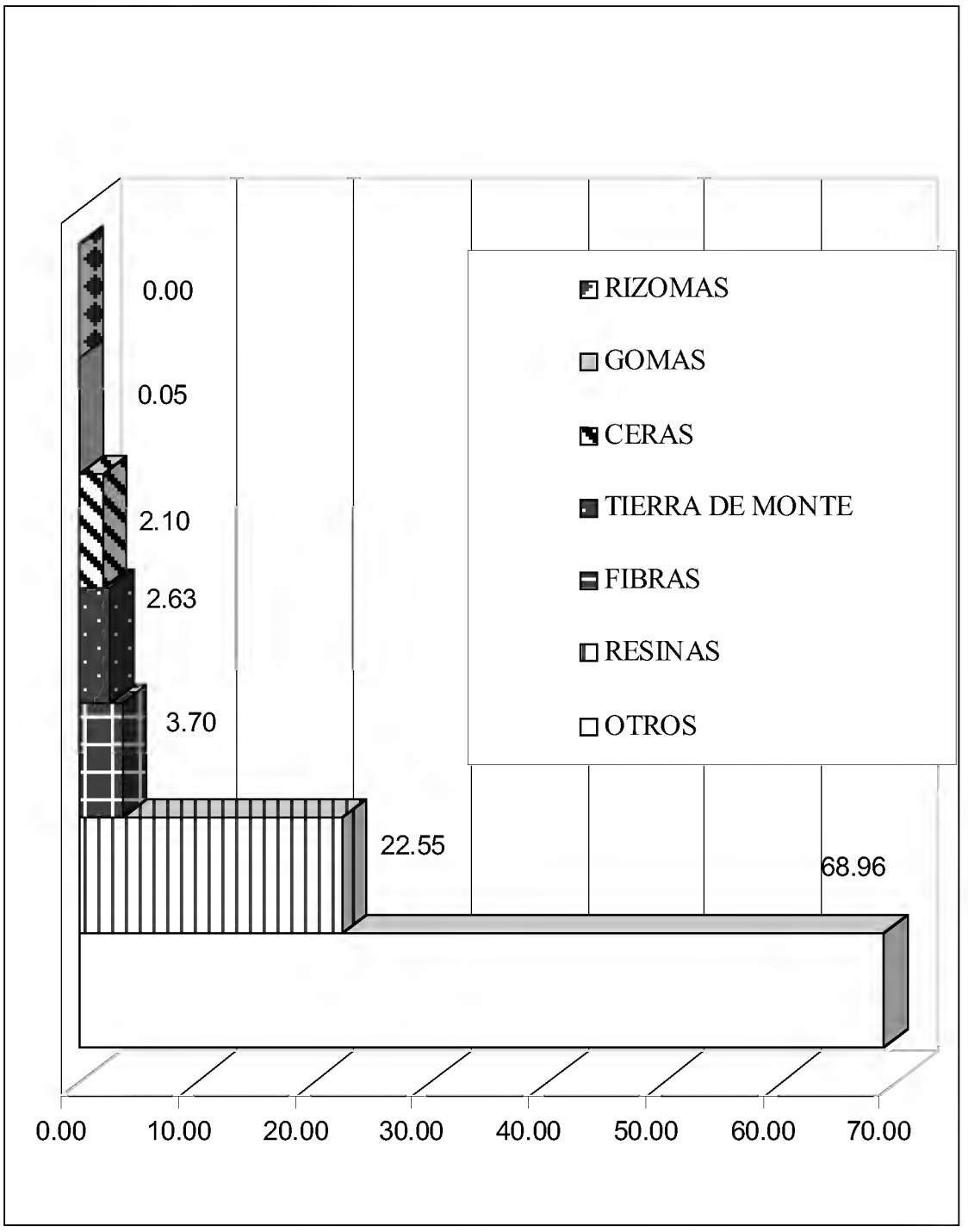


Figura 2. Valor de la producción por grupo de productos (% del valor total nacional)

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003).

$264 000 (0,053% del TVPNNM) (Figura 2). El valor de producción de la categoría de "rizomas" fue nulo, esta situación puede ser ya sea porque no se cuantificó o porque se dedica exclusivamente al autoconsumo.

La entidad con mayor Valor de la Producción No Maderable es Veracruz con $260 183 700 pesos (52,23% del TVPNNM); consecutivamente le siguen Michoacán con $120 039 700 (24,09% del TVPNNM), Tamaulipas con $17 794 527 (3,57% del TVPNNM), Coahuila con $16 412 553 (3,29% del TVPNNM) y Baja California con $11 216 904 (2,25% del TVPNNM). Las cinco entidades, señaladas anteriormente, representan el 85,45% del total del valor de la producción nacional no maderable.

Precio Medio Nacional (2003)

El precio medio nacional (PMN) de la producción no maderable se presenta en pesos por tonelada (Fig. 3) y es calculado con base en el precio l.a.b. (libre a bordo) centro de acopio. Este es un sistema de precios geográfico, donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fábrica u otro punto de producción (en este caso en el centro de acopio), mientras que el comprador paga todo el precio de transporte. Las "gomas" son la categoría con mayor PMN con $33 000 pesos por tonelada (p/t), consecutivamente le siguen "ceras" con $22 000 p/t, "fibras" con $12 735,85 p/t, "otros productos" con $5 550,78 p/t, "resinas" con 3 326,63 p/t y finalmente "tierra de monte" con $81 05 p/t (Figura 3).

Tendencias generales (2003)

El análisis de la información compilada permite distinguir algunas tendencias respecto a la producción de PFNM en México.

La producción de "tierra de monte" representa el mayor porcentaje en el total nacional de productos no maderables por su tonelaje (62,37%). Sin embargo, su valor de producción constituye sólo el 2,63% del total nacional. Por otro lado, las "resinas" y "otros productos", los cuales en conjunto representan en toneladas el 36,88% del total nacional de la producción no maderable, aportan el 91,5% del total del valor de la producción forestal no maderable (Figura 4).

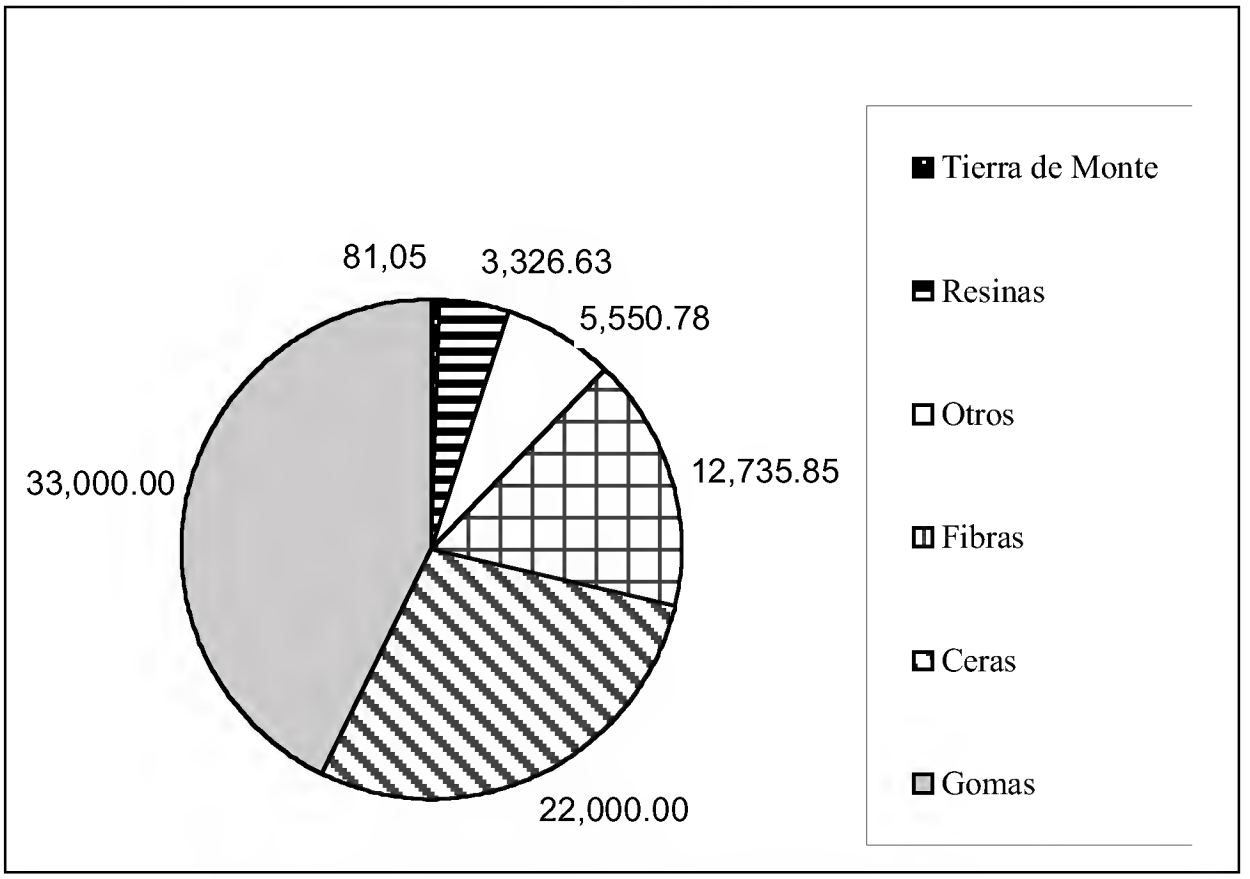


Figura 3. Precio medio nacional por grupo de productos (pesos/toneladas)

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003)

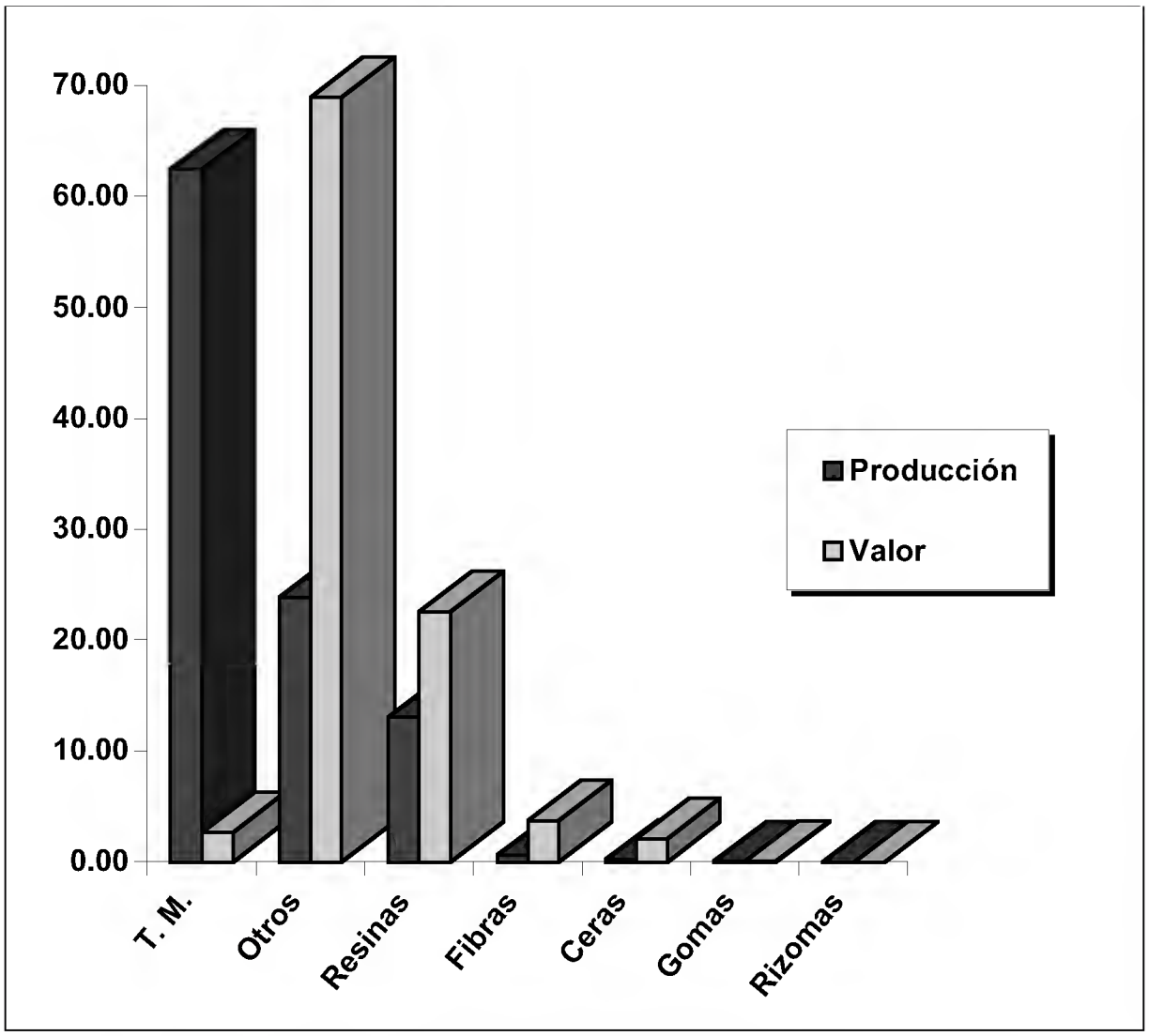


Figura 4. Producción en toneladas VS valor de la producción por entidad (% de los totales nacionales)

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003)

A pesar de que el Distrito Federal constituye la entidad federativa con el mayor porcentaje de la producción nacional no maderable en toneladas (39,51%), no representa la entidad con mayor valor de la producción debido a que el único PFNM explotado es la "tierra de monte", el cual posee el menor valor en el país. En contraste, Veracruz aunque sólo aporta el 7,6% de la producción nacional en toneladas, es la entidad federativa con mayor valor *de la producción (52,24%* del total nacional) con sólo una categoría general "otros productos" (Figura 5).

El Precio Medio Nacional (PMN) más alto corresponde a las "gomas" con $33,000 pesos por tonelada (p/t). Sin embargo, su valor de la producción es mínimo, ya que sólo se generan 8 ton en México. La categoría general "otros productos" tiene un PMN de $5 550,78 p/t, el cual representa aproximadamente el 16,82% del PMN de la categoría individual de las "gomas". No obstante, en conjunto con su producción en toneladas genera el 68,95% del valor nacional total (Figura 6).

DISCUSIÓN

México carece de una política pública bien definida sobre la gestión de los PFNM, su recolección y desarrollo sustentable, lo cual se refleja en que la información estadística sobre estos productos resulta mínima, incompleta y

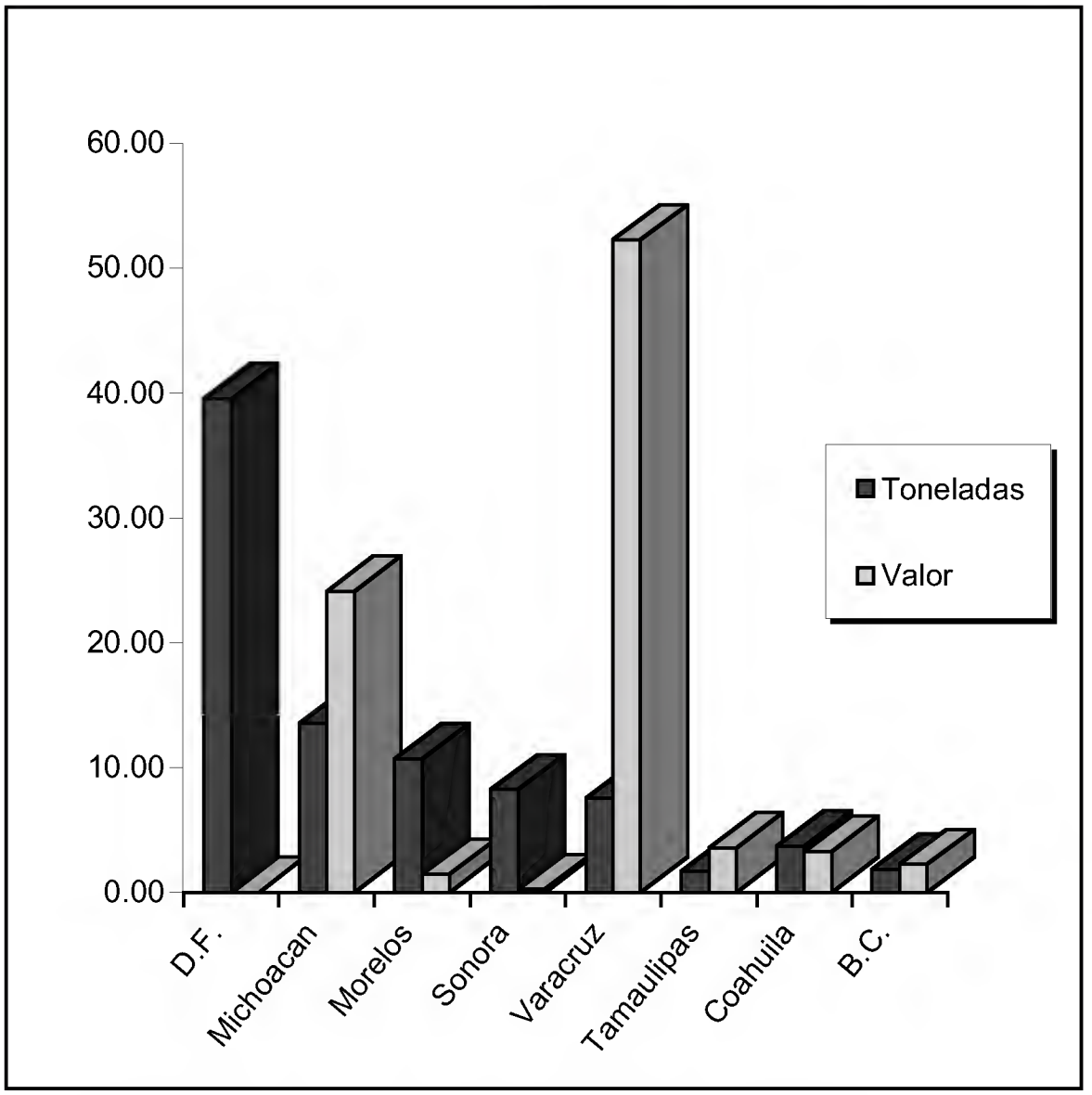


Figura 5. Producción en toneladas VS valor de la producción por entidad (% de los totales nacionales)

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003)

en algunos casos errónea, como se constató para el periodo 1980-2003 (Tabla 3). Aunque se han tratado de solucionar algunos de los puntos anteriormente señalados, sólo algunos productos comercialmente importantes han recibido atención, principalmente por razones de generación de ingresos. En el periodo 1985-2003, la producción anual promedio de PFNM fue de 135 667 toneladas. La categoría "otros productos" ocupó el primer lugar en volumen, seguida por "resinas, fibras, ceras, gomas y rizomas". La producción de "resinas" tendió a ser constante, mientras que la de "fibras, ceras, gomas y rizomas" tendió a disminuir, en los últimos dos casos de manera drástica. En 2003, último año para el cual se localizaron estadísticas, el valor nacional de los PFNM fue de $498 098,712 pesos. "Otros productos", aportó casi el 70% del valor total, seguida por resinas con el 22,5%. En contraste, la "tierra de monte" representó el 62,37% en toneladas, pero su valor de producción constituyó apenas el 2,63% del total nacional.

Con base en la revisión efectuada, se considera urgente y necesario realizar una nueva categorización de los PFNM. No obstante, que la categoría "otros productos" genera casi el 70% del valor total nacional de los PFNM, pero no

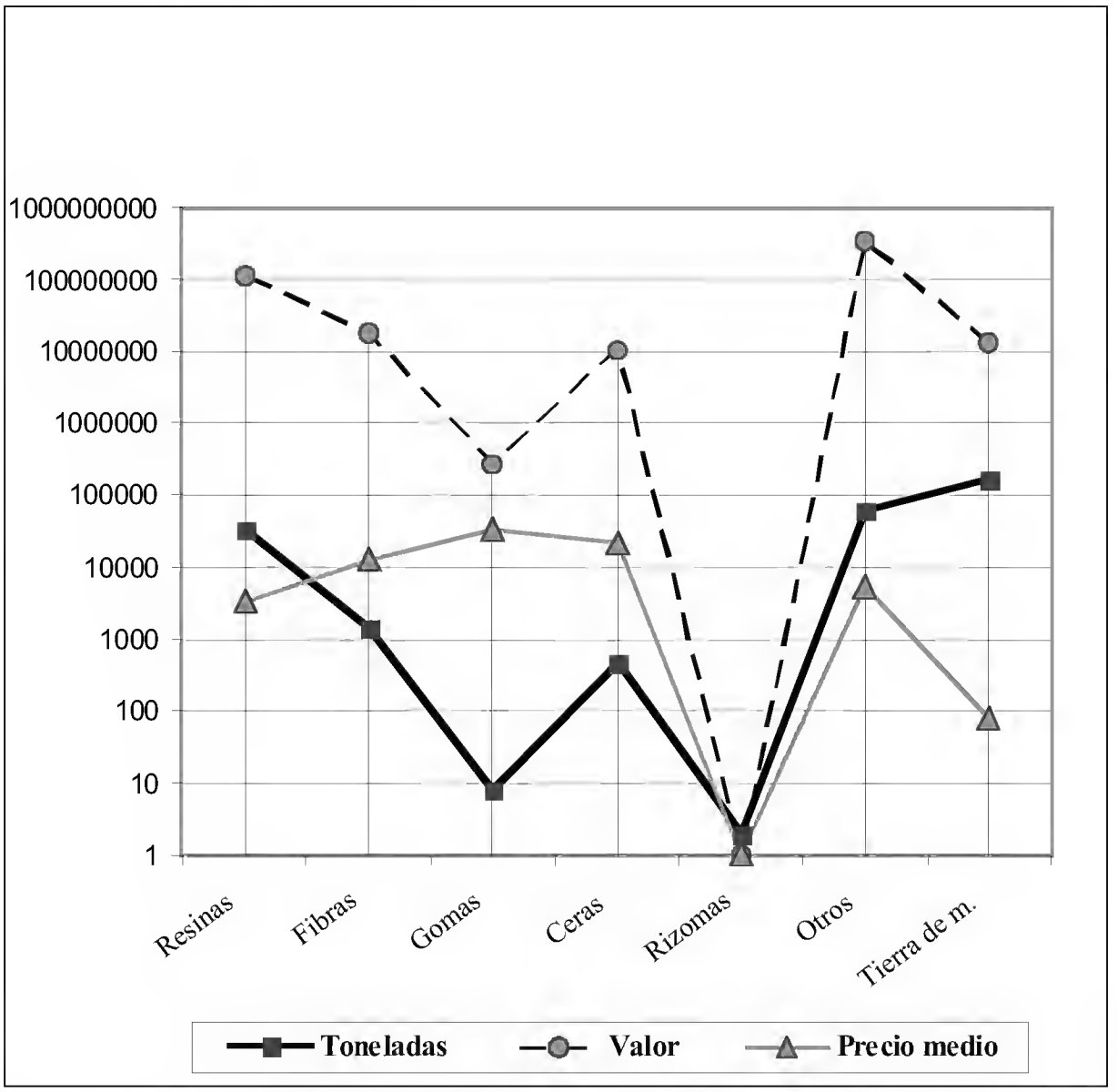


Figura 6. Comparación entre precio medio, valor de la producción y producción total en toneladas a nivel nacional

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico Forestal (2003)

obtiene una atención adecuada. Esta categoría denominada como "general", incluye un sinfín de productos, que pese a su importancia no se clasifican y cuantifican de forma individual. Cabe recalcar que en "otros productos" se incluyen bienes tales como las plantas medicinales, las cuales pueden aportar importantes beneficios, pero que al no estar cuantificados resultan en un escaso apoyo al sector de los PFNM, el cual es especialmente vital para la economía rural y puede ser reforzador de la economía nacional. Por ejemplo, de acuerdo a datos recopilados por los autores en 2005, en los mercados urbanos las plantas medicinales alcanzan un valor de entre $50 a $350 pesos mexicanos por kg (Mercado Sonora, Jamaica y Central de Abasto en la Ciudad de México). Mientras en el mercado internacional de plantas medicinales, al norte de México, el precio es en promedio de US$41 por kg (Garfias *et al.,* 1995).

Prácticamente existe un consenso generalizado en que los PFNM son de gran importancia, ya que representan una fuente de ingreso y empleo para diversas comunidades rurales, sobre todo en áreas marginadas (López, Chanfón y Segura, 2005 y García-Peña, 2001). No obstante,

también es claro que los PFNM no han contribuido de forma contundente con la economía nacional. Se ha estimado que la aportación de todo el sector forestal al PIB (Producto Interno Bruto) es de alrededor del 1%, representado por el 93% del valor de la producción maderable y tan sólo el 7% de producción de PFNM. Independientemente de las aportaciones de los productos maderables y no maderables, el sector forestal está atravesando por una severa crisis, en donde la producción ha declinado considerablemente y las importaciones de productos forestales se han incrementado significativamente (Segura, 1996). A pesar de ello, los bosques mexicanos poseen un importante potencial productivo que no ha sido aprovechado de forma correcta, pero que si se hiciera significaría una importante fuente de ingresos.

Por otra parte, cabe advertir que el aprovechamiento basado en cifras y enfatizando únicamente el valor económico de los PFNM, generalmente no es sustentable y puede llevar a escenarios alarmantes de sobreexplotación y extinción local del recurso. Lo antes señalado se ilustra con el caso del arbusto *Hipocratea excelsa* (Hipocrataceae), del cual se colecta la corteza de las raíces, llamada popularmente "cancerina", debido a las propiedades medicinales (tratamiento de gastritis, principalmente) que popularmente se le atribuyen. La alta demanda de la "cancerina" en los mercados urbanos, así como la ausencia de cultivo y propagación del arbusto ha conducido a la extinción local de las poblaciones silvestres de la Selva Baja Caducifolia en varias regiones de los estados de Morelos y Puebla (Reyes-Chilpa *et al.*, 2003 y Hersch-Martínez, 1995). Para evitar llegar a dicho panorama, se debe vincular el ámbito ecológico con el económico. Es decir, fomentar iniciativas de gobierno que induzcan a que la producción sea tanto económicamente rentable, como ambientalmente sustentable.

En este contexto, el papel de la investigación científica interdisciplinaria es crucial y también debe ser estimulada por el estado para apoyar técnicamente a las poblaciones locales involucradas en el uso y manejo del recurso, pero además requiere una secuencia organizada de investigaciones que contribuyan a asegurar el aprovechamiento sustentable de los PFNM. En el ejemplo antes señalado, primero tendientes a la validación científica de las propiedades medicinales que se le atribuyen popularmente, o a la generación de otras aplicaciones novedosas (por ejemplo, como insecticida de origen vegetal). Cabe anotar, que existen numerosos estudios sobre la composición química de la cancerina, algunos de tipo farmacológico, pero ninguno clínico (Reyes-Chilpa *et al.*, 2003). Una vez validadas la eficacia y seguridad de los usos medicinales tradicionales, o contando nuevas aplicaciones, sería necesario desarrollar métodos de propagación, cultivo y aprovechamiento, sin olvidar evaluar con profundidad su potencial económico y generador de desarrollo social, así como las formas de financiar la producción, comercialización y distribución por parte de las comunidades locales.

La investigación científica interdisciplinaria también puede generar alternativas novedosas para el aprovechamiento sustentable de PFNM. Como sería la cosecha de las hojas de los árboles para la extracción de compuestos naturales de interés medicinal, industrial y agrícola. Esta alternativa ha sido explorada de manera preliminar, tanto química, como económica y ecológicamente para la obtención de calanólidos (Huerta-Reyes *et al.*, 2004), compuestos antivirales (VIH-1) a partir de hojas del árbol tropical *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México (Tapia-Tapia y López-Vega, 2005).

La investigación sobre PFNM tendiente a su aprovechamiento sustentable tanto económica como ecológicamente, debería considerar entre otros aspectos, lo siguiente:

La naturaleza y extensión de distribución de recursos vegetales específicos, además de su densidad de población.

La prospección, tipificación de especies candidatas para el desarrollo de nuevos productos y usos. Identificación científica de ingredientes activos y valiosos, caracterización de su suministro y su adaptabilidad para crecer en distintos ambientes (especies múltiples o bajo monocultivo). Estas tareas pueden realizarlas dependencias gubernamentales, universidades y centros de investigación; promoviendo no sólo su comercialización sino tecnologías adecuadas de cultivo y/o manejo. Es decir, realizar una adecuada planeación, identificando oportunidades y riesgos.

La codificación y evaluación de todos los conocimientos locales acerca de casos, técnicas de recolección y uso de los diversos PFNM, tanto para la subsistencia como para la venta.

Realizar, codificar y evaluar mediante colectas de datos cuantitativos que cubran un periodo completo, de preferencia similar al ciclo de vida de una especie, para evaluar las influencias estacionales sobre el crecimiento y rendimiento de los PFNM para diferentes órganos vegetales (hojas, flores, frutos, rizomas, corteza, etc.).

Desarrollo de sistemas silvícolas para garantizar el uso múltiple de zonas forestales, priorizando la sustentabilidad ecológica del posible manejo.

Desarrollo de tecnología mejorada para la recolección no destructiva, el tratamiento después de la recolección, procesamiento primario local y almacenamiento para reducir el desperdicio del recurso.

Desarrollo de tecnología optimizada para el procesamiento y la diversificación de productos.

Desarrollo de fuentes de información que generen estadísticas prácticas y particulares sobre los puntos anteriores, incorporando datos económicos sobre producción, valorización y mercados.

Idear, trazar y proponer planes, así como los medios para la ejecución de proyectos de inversión, que incluyan como metas tanto la rentabilidad económica, así como la sustentabilidad ecológica.

CONCLUSIONES

Con base en la revisión efectuada, se considera urgente y necesario realizar una nueva categorización de los PFNM. Un ejemplo es la categoría "otros productos" que representa casi el 70% del valor total nacional, pero incluye un sin fin de productos importantes, los cuales no se clasifican y cuantifican de forma individual, como es el caso de las plantas medicinales. Los PFNM con mayor importancia económica no son aquellos que representan el mayor volumen. De esta forma, las "resinas" y "otros productos", aportan en conjunto el 36,88% del total nacional en toneladas, pero concentran el 91,5% del valor total. En contraste, la "tierra de monte" con el 62,37% del tonelaje, representa apenas el 2,63% del valor total nacional. El aprovechamiento ecológicamente sustentable y económicamente rentable de los PFNM requiere de investigaciones ecológicas, sociales y económicas integradas, así como un marco regulatorio eficaz.

REFERENCIAS

Bejar, E., R. Reyes-Chilpa y M. Jiménez-Estrada. 2000. Bioactive compounds from selected plants used in XVI Century mexican traditional medicine. *In*: Atta-ur-Rahman (Ed.) Studies in natural products chemistry. Elsevier Science, Amsterdam. Volume 24, Part E. p 799-844.

CNUMAD. Principios Forestales, capítulo 11 de la Agenda 21 (CNUMAD). En línea: http://www.fao.org.

CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Cunningham, A. 2001. Applied ethnobotany: people, wild plant use, and conservation. People and plants conservation manuals. WWF. Earthscan.

De Beer, J. H. y M. J. McDermot. 1989. The economic value of non timber forest products in SE Asia. 2nd Edition. Netherlands Committee for the IUCN. Amsterdam.

Falconer, J. 1996. Developing research frames for non-timber forest products: experience from Ghana. *In*: M. Ruiz-Pérez y J. E. M. Arnold (Eds.) Current issues in non-timber forest products research. Centre for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. P. 143-160.

FAO. 1995. Memoria–Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Serie forestal Nº 1. Dirección de Productos Forestales, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

García-Peña Valenzuela, E. 2001. Marco institucional, normativo y político para el manejo y comercialización de productos forestales no maderables en México. Documento elaborado en el marco del proyecto "Comercialización de Productos Forestales No Maderables: Factores de Éxito y Fracaso". UNEP-WCMC.

Garfias, S., C. Carmona y J. A. Cabello. 1995. Chile. *In*: FAO, Regional Office for Latin America and the Caribbean. Memoria, consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe, 4-8 Julio. Serie Forestal. Santiago, Chile. P. 200-208

Guzmán, G. 1995. La diversidad de hongos en México. Revista Ciencias 39: 52-57.

Hersch-Martínez, P. 1995. Commercialization of wild medicinal plants from Southwest Puebla, Mexico. Economic Botany 49(2):197-206.

Huerta-Reyes, M., M. C. Basualdo, F. Abe, M. Jiménez-Estrada, C. Soler y R. Reyes-Chilpa. 2004. Anti HIV-1 compounds of *Calophyllum brasiliense* leaves. Biological and Pharmaceutical Bulletin 27(9):1471-1475.

INEGI. 2003. Anuario estadístico nacional. INEGI. En línea: http://www.inegi.gob.mx.

López, C., S. Chanfón y G. Segura (Eds.). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: Más allá de la madera. Experiencias en comunidades rurales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Center for International Forestry Research (CIFOR). México, D.F. 200 p.

McWilliams, A. 2003. B-121N plant-derived drugs: products, technology, applications. Business Communications Company, Inc. Connecticut.

Nepstad, D. C. y S. Schwartzman (Eds.). 1992. Non timber forest products from tropical forests. Evaluation of a conservation and development strategy. Advances of Economic Botany. 9 p.

Neumann, R. P. y E. Hirsch. 2000. Commercialization of non timber forest products: review and analysis of research. International Center for Forestry Research (CIFOR) and FAO.

Newman, D. J., G. M. Cragg y K. Snader. 2003. Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2002. Journal of Natural Product (Review) 66(7):1022-1037.

Padoch, C. 1992. Marketing of non timber forest products in Western Amazonia: general observations and research priorities. *In*: D. C. Nepstad y S. Schwartzman (Eds.). Advances of Economic Botany 9: 43-50.

Plotkin, M. y L. Famolare (Eds.). 1992. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press, Washington, D. C.

Reyes-Chilpa, R., M. Jiménez-Estrada, E. Cristóbal Telésforo, L. Torres-Colín, M. A. Villavicencio, B. A. Pérez-Escandón y R. Mercado. 2003. Natural insecticides from *Hippocratea excelsa* and *Hippocratea celastroides*. Economic Botany 57(1): 54-64.

Ros-Tonen, M. A. F. (Ed.). 1999. Seminar proceedings: NTFP research in the Tropenbos Programme: results and perspectives, 28 January 1999. Tropenbos Foundation, Holanda. p. 203.

Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Limusa, México.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana 14:3-21.

Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Revista Ciencias No. Especial 6: 47-56.

SARH. 1994. Compendio estadístico de la producción 1989-1993. Consultado en http://www.ine.gob.mx

SARH. 1994. Inventario nacional forestal periódico 1992-1994. Memoria nacional. México. En línea: http://www.ine.gob.mx.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. En línea: http://www.semarnat.gob.mx.

Segura, G. 1996. The State of Mexico's forests. Management and conservation and opportunities for cooperation in North America. Commission for Environmental Cooperation.

SEMARNAP. 2000. Anuario estadístico del sector forestal. Capítulos II, IV, VII, X y XII. México.

SEMARNAP. 2000. Producción forestal e incentivos para el bosque natural y plantaciones comerciales resultados 1995-2000. Publicaciones de la Dirección General Forestal, Semarnap. México.

SEMARNAP–PNUMA. 2002. Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales húmedos de América Latina y el Caribe. Foro

en el ámbito del Plan de Acción Regional para el periodo 2000–2001.

SEMARNAT. 2003. Compendio de estadísticas ambientales 2002. Publicaciones de la Dirección General Forestal, Semarnat, México.

Tapia-Tapia, E. y E. López-Vega. 2005. Economía de productos forestales no maderables: aprovechamiento sustentable de un recurso fitoquímico en México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. 169 p.

Torres-Rojo, J. M. y M. Zamora. 2001. Información y análisis de los productos forestales no madereros en México. Estudio realizado en el marco del Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos en 13 países tropicales de América Latina, FAO.

Manuscrito recibido el 20 de noviembre del 2006
Aceptado el 8 de enero del 2008

Este documento se debe citar como:
Tapia-Tapia, E. C. y R. Reyes Chilpa. 2008. Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo susentable. Madera y Bosques 14(3):95-112.

LISTA DE REVISORES Revista *Madera y Bosques* 2007-2008

Abel García Arévalo
INECOL, Unidad Durango, México

Alberto Arredondo Gómez
INIFAP-CIRNE Campo Experimental San Luis, México

Alejandro Meléndez Herrada
Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, México

Alejandro Velázquez Martínez
Colegio de Postgraduados, México

Ana Cecilia Travieso Bello
Universidad Veracruzana, México

Angel G. Priego Santander
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Anne Hansen
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México

Ariel E. Lugo
International Institute of Tropical Forestry, Estados Unidos de Norteamérica

Arnulfo Aldrete
Instituto de Recursos Naturales, México

Aurelia Bengochea
Universitat Jaume I, España

Carmen de la Paz Pérez Olvera
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México

Citlalli López Binquist
Universidad Veracruzana, México

Concepción Luján Alvarez
Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Conrado Parraguirre L.
INIFAP Campo Experimental "San Martinito", México

Eduardo Javier Treviño Garza
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Edward A. Ellis
Universidad Veracruzana, México

Efraín Rodríguez Téllez
Instituto de Ecología, A.C. Unidad Durango, México

Enrique J. Jardel Peláez
Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, México

Enrique Jurado Ibarra
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Ernesto Ruelas Inzunza
Cornell Lab of Ornithology, Cornell University, Estados Unidos de Norteamérica

Eulogio Flores Ayala
INIFAP Campo Experimental del Valle de México, México

Eva Hermoso Prieto
CIFOR-INIA, España

Exequiel Ezcurra
Biodiversity Research Center of California, Estados Unidos de Norteamérica

Fernando González García
Instituto de Ecología, A. C., México

Fernando Zavala Chávez †
Universidad Autónoma Chapingo, México.

Francisco Andrés Carabelli
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina

Francisco Arriaga Martitegui
Universidad Politécnica de Madrid, España

Freddy Rojas Rodríguez
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Gabriel Loguercio
CIEFAP, Argentina

Genaro Gutiérrez García
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Gildardo Cruz de León
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Gonzalo Novelo González
Centro de Investigaciones y Asesoría Pedagógica S.C., México

Griselda Benítez Badillo
Instituto de Ecología, A.C., México

Guillermo Ángeles Álvarez
Instituto de Ecología, A.C., México

Guillermo Medina García
INIFAP, México

Guillermo Riesco Muñoz
Escuela Politécnica Superior de Lugo, España

Gustavo Balmelli
Instituto Nacional de Investigación Agro - pecuaria, Uruguay

Gustavo Pérez Verdín
Mississippi State University, Estados Unidos de Norteamérica

Ignacio Barbeito Sánchez
CIFOR-INIA, España

Israel Sánchez Osorio
Universidad de Huelva, España

Khosrow Ghavami
Pontificia Unversidade Catolica, Brasil

Javier Ramón Sotomayor Castellanos
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Jerzy Rzedowski Rotter
INECOL Centro Bajío, México

Jesús David Gómez Díaz
Universidad Autónoma de Chapingo, México

Jesús Manuel Ham Chi
Consejo del Sistema Veracruzano del Agua, México

Jesús Miguel Olivas García
Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Jesús Sánchez Robles
Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, México

Joaquín Becerra Zavaleta
PRONACOREF, Gerencia Regional Golfo-Centro CONAFOR, México

Jorge Cabrera Perramón
Instituto Forestal, Chile

Jorge Nocedal Moreno
INECOL, Unidad Durango, México

José Amador Honorato Salazar
INIFAP Campo Experimental San Marti - nito, México

José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz
Universidad Nacional Autónoma de México, México

José Antonio Silva Guzmán
Universidad de Guadalajara, México

José Cruz de León
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

José Germán Flores Garnica
INIFAP, México

Josefina Barajas-Morales
Universidad Nacional Autónoma de México, México

José Guadalupe Rutiaga Quiñones
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

José Luis Martínez Castillo
Instituto de Ecología, A.C., México

José Tulio Méndez Montiel
Universidad Autónoma Chapingo, México

Juan Abel Nájera Luna
Instituto Tecnológico de El Salto, México

Juan Ignacio Valdez Hernández
Programa Forestal Colegio de Posgra - duados, México

Juan Manuel Chávez Cortes
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México

Juan Manuel Torres Rojo
Centro de Investigación y Docencia Económica, México

Isabel Cañellas Rey de Viñas
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, España

Ignacio Vázquez Collazo
CEFAP, México

Laura C. Ruelas Monjardín
Instituto de Ecología, A.C., México

Laura Yáñez Espinosa
Colegio de Postgraduados, México

Lázaro R. Sánchez-Velásquez
Universidad Veracruzana, México

Lorenzo A. Aceves Navarro
Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, México

Lorrain Giddings
Instituto de Ecología, A.C., México

Lourdes Villers Ruiz
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Luciana Porter Bolland
Instituto de Ecología, A.C., México

Luis Diaz Balteiro
ETS Ingenieros de Montes, España

Luz Elena A. Avila Calderón
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Luz María Calvo
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A C., México

Lydia Isabel Guridi Gómez
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Manuel González Guillén
Colegio de Postgraduados, México

Manuel Ruiz Pérez
Universidad Autónoma de Madrid, España

Marco Márquez-Linares
CIIDIR, Unidad Durango, IPN, México

Marcos Vinicius Giongo Alves
Universidade Federal do Paraná, Brasil

Ma. del Mar Génova Fuster
Universidad Politécnica de Madrid, España

Ma. Inés Rodrígues Morato
Instituto de Ecología, A. C., México

Mario Fuentes Salinas
Universidad Autónoma Chapingo, México

Marta Pardos
CIFOR-INIA, España

Martha González-Elizondo
CIIDIR Unidad Durango, IPN, México

Martha Rosales Castro
CIIDIR, Unidad Durango, IPN, México

Martin Ricker
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Miguel Castillo S.
Universidad de Chile, Facultad de Cien - cias Forestales, Chile

Odilón Sánchez Sánchez
Universidad Veracruzana, México

Oscar A. Aguirre Calderón
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Oscar Briones Villarreal
Instituto de Ecología, A. C., México

Osvaldo Encinas
Universidad de Los Andes, Venezuela

Patricia Negreros Castillo
Universidad Veracruzana, México

Pedro Antonio Tiscar Olivier
Centro de Capacitación y Experimenta - ción Forestal, España

Ramón Cuevas Guzmán
Universidad de Guadalajara, México

Raúl Medina Mendoza
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México

Raúl Solís Moreno
Universidad Juárez del estado de Durango, México

Rebeca Álvarez Zagoya
CIIDIR, Unidad Durango, IPN, México

Ricardo Reyes Chilpa
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Robert H. Manson
Instituto de Ecología, A C., México

Roger Hernández Peña
Université Laval, Québec, Canadá

Roger Moya Roque
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Rosa Amelia Pedraza Pérez
Universidad Veracruzana, México

Rubén A. Ananías
Universidad del Bio-Bio, Chile

Silvia Rebollar Domínguez
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México

Salvador Bocanegra Ojeda
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Salvador Valencia Manzo
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México

Sonia Lamas Pose
CIIA-Lourizán, España

Thomas J. Brandeis
USDA Forest Service, SRS-FIA, Estados Unidos de Norteamérica

Victor Hugo Pereira Moutinho
Universidad Federal de Lavras, Brasil

Wilver Contreras Miranda
Universidad de Los Andes, Venezuela

GUÍA DE AUTORES Revista *Madera y Bosques*

Madera y Bosques es la publicación de la Unidad de Recursos Forestales del Instituto de Ecología, A.C., que publica trabajos inéditos de carácter científico, ensayos, estados del arte y notas técnicas que traten temas relacionados con los productos forestales y con manejo y conservación de los bosques. Se aceptan manuscritos en español, inglés y ocasionalmente en otros idiomas.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Los manuscritos que se sometan, deberán presentarse en archivo electrónico y en versión impresa en papel tamaño carta (216 mm x 269 mm), escritos a doble espacio, con un tamaño de letra arial de 12 pt, con 30.0 mm de margen izquierdo y 25.0 mm en el resto. Se numerarán en la parte superior derecha. La extensión máxima será de 35 cuartillas para los artículos (científicos y de Forum) y 15 para las notas técnicas.

Los artículos científicos **deben** contener, y en ese orden: Título, Resumen, Palabras clave, "Abstract", "Key words", Introducción, Objetivos, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias.

a) La página titular debe incluir el título del manuscrito, nombres de los autores, afiliación y correo electrónico. El título no debe exceder de 70 caracteres.
b) El **resumen** (250 palabras para artículos y 150 para nota técnica), dará una breve descripción de los objetivos, puntos esenciales y logros o conclusiones. La versión en inglés se denominará "abstract". Después de cada resumen y "abstract" deben incluirse hasta seis palabras clave o "key words" relacionadas con la metodología o resultados del estudio.
c) En la **introducción** se describirá el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada y se discutirá la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluirán tablas ni ilustraciones.
d) En **objetivos**, se presentarán de manera concisa y clara los propósitos del estudio.
e) En **metodología**, se explicará cuidadosamente cómo se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de los métodos aplicados y los materiales empleados. Cuando la metodología no sea original se deberán citar con claridad las fuentes de información. Se podrán incluir tablas e ilustraciones, que de ninguna manera se repitan en otra parte del texto.
f) La sección de **resultados** estará reservada para todas las informaciones técnicas obtenidas, estadísticamente respaldadas. Los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.
g) En **discusión** se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema.
h) Las **conclusiones** rescatarán lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles que requieran de mayor trabajo o investigación.
i) **Reconocimientos**, es un punto optativo, destinado a los créditos a instituciones colaboradores, fuentes de financiamiento, etcétera.
j) En las **referencias**, sólo se incluirán aquellas citadas en el documento. Deberán listarse alfabéticamente por autor. En el texto, se citarán por autor y año de publicación; cuando se trate de tres o más autores, se citará únicamente al primer autor y se utilizará et al. en cursivas. No se pondrá anónimo cuando no se consigne un autor individual, sino a la institución responsable. Las referencias se harán de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Artículos: Autor. Año. Título. Nombre de la revista. Volumen y número entre paréntesis y páginas. Ejemplo:

Dao, T. N. y J. W. van de Lindt. 2008. New nonlinear roof sheathing fastener model for use in finite-element wind load applications.

Journal of Structural Engineering 134(10):1668-1674.

Libro: Autor(es). Año. Título. Número de edición. Editorial. Ciudad. Páginas. Ejemplo:

González Elizondo, M.S., M. González Elizondo y M.A. Márquez Linares. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés, México, D.F. 221 p.

Capítulo de libro: Autor. Año. Título. In: Nombre del editor. Título del libro. Editorial y Ciudad. Páginas. Ejemplo:

Bárcenas Pazos, G.M y V. R. Ordóñez Candelaria. 2008. Calidad de la madera de los árboles de sombra. In: R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter, eds. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación. INE-INECOL, México, D.F. p: 235-246.

Cuando la institución es la responsable de la publicación: Nombre de la institución. Año. Título. Editorial. Ciudad. Páginas. Ejemplo:

US Forest Products Laboratory. 1999. Wood Handbook. Wood as an engineering material. General Technical Report 113. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI, 463 p.

k) **Tablas**. Las tablas deben utilizarse para presentar resultados. El título vendrá en la parte superior, centrado y con minúsculas.

l) **Ilustraciones**. Las ilustraciones (diagramas, gráficas, mapas, etc.) deberán utilizarse cuando contribuyan a presentar la información de manera más clara, deben ser realizadas **en color negro o escala de grises**. Se aceptarán a mano o con algún programa de computadora; no se incluirán en el cuerpo del texto, deberán enviarse impresas por separado. Las fotografías pueden ser en blanco y negro o a colores con excelente resolución y contraste. Los pies de figura se escribirán en la parte inferior y con minúsculas; en el texto se citarán como "figura X" o bien entre paréntesis como (Fig. X). Deben presentarse en archivo separado y en formato tiff de 300 dpi de resolución.

m) **Unidades**. Se utilizarán las unidades de medida del SI, **con una coma como separador de decimales**. Para mayores detalles, se sugiere consultar la página electrónica del Centro Nacional de Metrología (CENAM) http://www.cenam.mx/siu.asp#

n) **Notaciones**. Todos los símbolos matemáticos se escribirán en cursivas. En escritos con abundancia de símbolos, es útil incluir una lista de los utilizados, mismos que se ordenarán alfabéticamente, colocando primero las mayúsculas, después las mayúsculas con subíndice, enseguida las minúsculas y por último las minúsculas con subíndice. Finalmente, los caracteres latinos y griegos. Esta notación debe incluirse en un apéndice al final del trabajo.

Los manuscritos que no cumplan con el formato no serán enviados a los evaluadores. Asimismo, los autores deben firmar el formato de confirmación de originalidad.

Toda correspondencia para envío de artículos para su posible publicación debe dirigirse a Revista Madera y Bosques • Instituto de Ecología, A.C. • Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec No. 351 • Congregación El Haya • Apdo. Postal 63 • 91070 Xalapa, Ver.• México • Tel. (228) 842 1800 ext. 6102, 6106 • Fax (228) 818 7809 • c.e.: mabosque@inecol.edu.mx.

PRESENTACION FINAL

La revista requiere que los manuscritos aceptados, además de un ejemplar impreso, serán entregados en formato electrónico. Los manuscritos deberán de conservar el formato original de los manuscritos revisados: tamaño de papel, de letra, numeración, tablas y gráficos, aunque podrán ser enviados con espaciamiento sencillo entre líneas. Las figuras y tablas no deben integrarse al texto. Se debe enviar una carta especificando el tipo y versión de software en que se están enviando manuscritos revisados, tablas y figuras. Sólo se aceptarán documentos elaborados en ambiente Windows

AUTHORS' GUIDE *Madera y Bosques* Journal

Madera y Bosques (Wood and Forests) is the publication of the Department of Forest Products and Forest Conservation of the Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, México), which publishes essays, original papers of technical or scientific nature, features articles (forum), states-of-the-art and technical notes of the subjects related to forest products and forest management and conservation. Manuscripts are accepted written in Spanish, English and occasionally in other languages.

STRUCTURE OF THE MANUSCRIPTS

The manuscripts submitted must be presented in three copies in letter-size paper (216 x 280 mm: 8-1/2" x 11"), typed double-spaced, with a letter size of 12 pt., with a left margin of 30 mm and the rest of 25.0 mm numbered at the upper right corner. The maximum extension of the papers will be 35 pages written on a single side for the full-length papers (research and forum) and 15 pages for technical notes.

The manuscripts **must** contain the following sections: Title, Abstract, Key words, Introduction, Methodology, Results, Discussion and Conclusions, Acknowledgements (optional) and References.

a) The **title** page must include the title of the article, name(s) and affiliation of the author(s). The title must not exceed of 70 characters.
b) The **abstract** (250 words maximum for papers and 75 for technical notes) must give a brief description of the objectives, main points and achievements or conclusions. After each abstract 5-10 key words related with the methodology or results must be included.
c) In the **introduction** a brief description of the state of knowledge of the subject matter of the paper must be given, with the appropriate review of literature and the importance of the study reported must be highlighted. In this item, no tables or figures are to be included.
d) In **objectives**, the purposes of the study will be clearly and concisely stated.
e) In **methodology**, it will be carefully explained how the work was carried out. In a precise and complete form, a clear vision of the methods applied and the materials used shall be given. When the methodology is not original, the sources of information shall be clearly stated. Tables and illustrations can be given that are not repeated in any other part of the text.
f) The section on **results** will be reserved for all the technical information obtained, statistically supported. Comments included here will be only those necessary to clarify the information presented. The comments included in this section will be only the necessary for the easy understanding of the information presented.
g) In **discussion**, the results obtained will be analyzed, as well as their limitations and relevance; they will be related with the bibliographic information previously gathered and the eventual necessity of further work which could augment the state of knowledge on the subject could be disclosed.
h) **Conclusions** The conclusions will highlight the most valuable or consistent aspects of the work reported along with those aspects deemed the weakest which require further work or investigations.
i) **Acknowledgements** are an optional point, reserved for credits to collaborating institutions, financial sources, etc.
j) In the **references**, only those quoted in the paper will be included. They must be listed alphabetically by author's last names. In the text, they will be cited by author and year of publication; when there are three or more authors, only the first will be cited and et al. in italics will be used. When the individual author cannot be ascertained, it will not be cited as anonymous but instead, the institution responsible for the work will be named. The references will be made according to the following examples.

Journal papers: Author, year. Title. Journal name. Volume and number in parenthesis and pages. Example:

Dao, T. N. and J. W. van de Lindt. 2008. New nonlinear roof sheathing fastener model for use in finite-element wind load applications. Journal of Structural Engineering 134(10):1668-1674.

Book: Authors, Year. Title. No. of edition. Publisher, City, Pages. Example:

González Elizondo, M.S., M. González Elizondo and M.A. Márquez Linares. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés. México, D.F. 221 p.

Book chapter: Author, Year. Title. In: Name of editor. Title of the book. Publisher, City, Pages. Example:

Bárcenas Pazos, G.M and V. R. Ordóñez Candelaria. 2008. Calidad de la madera de los árboles de sombra. In: R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina and K. Mehltreter, eds. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación. INE-INECOL, México, D.F. p: 235-246.

When the institution is the responsible of the public-cation: Name of the institution. Year. Title. Publisher, City. Pages. Example:

US Forest Products Laboratory. 1999. Wood Handbook. Wood as an engineering material. General Technical Report 113. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI, 463 p.

In no case it will be utilized, for the titles of books or papers, names of journals and authors, underlined, bold type, italics or quote marks in the references, except for botanical names.

k) The **tables** must be utilized to present results. The heading will come on top with lower case letters.

l) The **illustrations** (pictures, diagrams, graphs, etc.) must be utilized when they contribute to present the information in the clearest way, which **must be drawn in blank or gray scale**. Photographs in black and white or color with excellent resolution and contrast will be accepted. The illustrations may be drawn with black ink on appropriate translucid paper or with some computer program or spreadsheet. The figures feet shall be written on the bottom and with lower case letters; in the text they will be mentioned as "figure X" or in parenthesis as (Fig. X). They must be delivered in a reporte file in Tiff format of 300 dpi resolution.

m) **Units**. SI system will be used. For details on the SI system, please refer to: http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html

n) **Notation**. All symbols must be written in italics. In manuscripts of certain size, with an abundance of symbols, it is useful to include a list of those utilized, which will be ordered alphabetically, placing the upper case letters first, then upper case letters with sub-indexes, then lower case letters and lower case letters with sub-indexes. Finally, Latin and Greek characters. The list must be included as an appendix at the end of the paper.

The manuscripts that do not conform to the format will not be sent to the reviewers. Also, the authors must sign the format of 'Confirmation of unpublished manuscript'.

All matters related to possible publication of papers should be sent to: Revista Madera y Bosques, Instituto de Ecología, A.C. • Km. 2.5 Carretera Antigua a Coatepec No. 351 • Congregación El Haya 91070 Xalapa, Ver.• México • Tel. (228) 842 1800 x 6106, 6102 • Fax (228) 818 7809 • e-mail: mabosque@inecol.edu.mx.

FINAL PRESENTATION

The journal's production department requires that all manuscripts accepted be delivered in digital format and in a single hard copy. The manuscripts should keep the original format of the revised version: paper size, letter type, page numbering, tables and figures, although single line spacing can be used at this stage. Figures and tables must not be integrated to the text. A letter must accompany the package, mentioning software and version used for manuscripts, tables and figures. No documents will be accepted other than those presented in Windows environment.

MADERA Y BOSQUES Vol. 14 Núm. 3
Se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2008
en los talleres de Editorial Cromocolor S.A. de C.V.
Miravalle 703 Col. Portales C.P. 03570, México, D.F.

La edición consta de 400 ejemplares
más sobrantes para reposición.

Madera y Bosques 14(3), 2008

CONTENIDO

3 ***Editorial***

Artículos de investigación

5 Fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón: diagnóstico y prioridades
Xanat Antonio-Nemiga, Eduardo Javier Treviño-Garza y Enrique Jurado-Ybarra

25 Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental
José Ciro Hernández-Díaz, José Javier Corral-Rivas, Andrés Quiñones-Chávez, Jeffrey R. Bacon-Sobbe, y Benedicto Vargas-Larreta

43 Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México
Carmen de la Paz Pérez-Olvera y Raymundo Dávalos-Sotelo

81 Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México
Guadalupe M. Bárcenas-Pazos, Rosalva Ríos-Villa, Bertha I. Juárez-Flores y J. Amador Honorato-Salazar

Ensayo

95 Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo sustentable
Estrella del Carmen Tapia-Tapia y Ricardo Reyes-Chilpa

Guía de autores